



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA CONTINUIDAD Y COSTO DE DOS ESTRATEGIAS DE CALIDAD

AMBIENTAL INTERIOR EN EL EDIFICIO EL CUBO DE COLSUBSIDIO, CERTIFICADO CON

CATEGORÍA GOLD POR EL SISTEMA LEED DEL USGBC VERSIÓN 2.2

LAURA SUSANA RODRIGUEZ SANCHEZ

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D.C 7 DE NOVIEMBRE DE 2019



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:

Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	8
1 Generalidades	9
1.1 Línea de Investigación	9
1.2 Planteamiento del Problema	9
1.2.1 Antecedentes del problema	11
1.2.2 Pregunta de investigación	13
¿Las estrategias de IEQ de ventilación aumentada y luz natural y vista, aplicadas en el edificio El Cubo de Colsubsidio han tenido continuidad y cuál ha sido su costo a través del tiempo?	13
1.2.3 Variables del problema	13
Tipos de proyectos	¡Error! Marcador no definido.
Categorías de certificación LEED	14
Versiones de certificación LEED	15
1.3 Justificación	16
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo general	17
1.4.2 Objetivos específicos	18
2 Marcos de referencia	19

2.1	Marco conceptual	19
2.2	Marco teórico	21
2.3	Marco jurídico	26
2.4	Marco geográfico	28
2.5	Marco demográfico	30
2.6	Estado del arte	30
3	Metodología	33
3.1	Fases del trabajo de grado	33
3.2	Instrumentos o herramientas utilizadas	33
3.3	Población y muestra	33
3.4	Alcances y limitaciones	34
4	Productos a entregar	35
5	Entrega de Resultados Esperados e Impactos	40
5.1	Aporte de los resultados a la Gerencia de Obras	58
5.2	Cómo se responde a la pregunta de investigación con los resultados	58
5.3	Estrategias de Comunicación y Divulgación	58
6	Nuevas áreas de Estudio	60
7	Conclusiones	61
8	Bibliografía	62

LISTA DE FIGURAS

IMAGEN 1 EQUILIBRIO EN CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR	24
IMAGEN 2 CRÉDITOS DE IEQ OBTENIDOS POR EL CUBO.....	25
IMAGEN 3 UBICACIÓN DEL CUBO CON RELACIÓN A LA LOCALIDAD DE TEUSAQUILLO	28
IMAGEN 4 CASO DE ESTUDIO HARVARD	31
IMAGEN 5 IMPACTO DE LOS EDIFICIOS VERDES EN LOS USUARIOS.....	32
IMAGEN 6 ENCUESTA AMBIENTE TÉRMICO.....	36
IMAGEN 7 REGISTRO TOMA DE DATOS.....	37
IMAGEN 8 EQUIPOS DE MEDICIÓN, LUXÓMETRO, ANEMÓMETRO Y SONÓMETRO EN SU ORDEN	39
IMAGEN 9 MODELO ENCUESTA ILUMINACIÓN.....	39
IMAGEN 10 ASOLEACIÓN Y VIENTOS PREDOMINANTES EN EL PROYECTO	40
IMAGEN 11 REJILLAS DE VENTILACIÓN	41
IMAGEN 12 PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE EN OFICINAS Y DISTRIBUCIÓN ACTUAL OFICINAS.....	42
IMAGEN 13 PORCENTAJE DE LUZ NATURAL EN LOS ESPACIOS	43
IMAGEN 14 ESQUEMA DE VENTILACIÓN E ILUMINACIÓN	43
IMAGEN 15 PRIMERA PREGUNTA ENCUESTA ILUMINACIÓN	44
IMAGEN 16 SEGUNDA PREGUNTA ENCUESTA ILUMINACIÓN	45
IMAGEN 17 TERCERA PREGUNTA ENCUESTA ILUMINACIÓN	45
IMAGEN 18 CUARTA PREGUNTA ENCUESTA ILUMINACIÓN	46
IMAGEN 19 QUINTA PREGUNTA ENCUESTA ILUMINACIÓN	47
IMAGEN 20 SEXTA PREGUNTA ENCUESTA ILUMINACIÓN	47
IMAGEN 21 ENCUESTA GENERAL PREGUNTA 5.....	48
IMAGEN 22 ENCUESTA GENERAL PREGUNTA 7 A)	49
IMAGEN 23 ENCUESTA GENERAL PREGUNTA 7 B).....	49
IMAGEN 24 SISTEMA DE CALEFACCIÓN POR PLACAS	51
IMAGEN 25 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.....	52

IMAGEN 26 PROPUESTA UBICACIÓN PLACAS	53
IMAGEN 27 PARÁMETROS PARA CÁLCULO DE CONSUMO Y CÁLCULO CONSUMO DE ENERGÍA SISTEMA DE PLACAS....	53
IMAGEN 28 COTIZACIÓN IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	54
IMAGEN 29 TABULACIÓN MEDIDA DE TEMPERATURA	54
IMAGEN 30 CALCULO CONSUMO ACTUAL ILUMINACIÓN PARQUEADERO.....	55
IMAGEN 31 VALOR CAMBIO DE ILUMINACIÓN	56
IMAGEN 32 NUEVO CONSUMO DE ENERGÍA CON CAMBIO DE ILUMINACIÓN	56
IMAGEN 33 FLUJO DE CAJA IMPLEMENTACIÓN MEJORA DE ILUMINACIÓN	57
IMAGEN 34 CALCULO PERIODO DE RECUPERACIÓN Y TASA INTERNA DE RETORNO	57

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 TIPOS DE PROYECTOS.....	13
TABLA 2 CATEGORÍAS DE CERTIFICACIÓN LEED	14
TABLA 3 VERSIONES DE CERTIFICACIÓN LEED	15
TABLA 4 CRÉDITOS DE CERTIFICACIÓN LEED	22
TABLA 5 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS.....	29

INTRODUCCIÓN

El aumento de la contaminación en el planeta y el uso poco responsable de los recursos naturales, genero un interés global el cual viene desde hace varios años atrás, esto ocasiono que todos los temas medio ambientales y de sostenibilidad tuvieran un auge como respuesta a la problemática ambiental existente, esta problemática creo un interés en todos los ámbitos profesionales y al ser la construcción una de las industrias que más genera residuos y explotación de recursos naturales para su ejecución, era necesario dar una respuesta desde este campo, es por eso que surge LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN en adelante lo LEED, con una serie de normativas para generar un menor impacto medioambiental.

La ejecución de edificios con certificación LEED ha ido en aumento en todo el mundo y como era de esperarse esta situación no fue ajena a Colombia. Es por eso que es tan importante abordar el análisis de los edificios que han sido certificados por el LEED en sus diferentes categorías, en esta oportunidad el caso de estudio es el edificio El Cubo de Colsubsidio, el cual fue certificado como LEED Gold en la versión 2.2 en el año 2013.

En detalle, este proyecto se centrará en las diferentes estrategias que componen el capítulo de estrategias de calidad interior del cual su sigla en inglés es IEQ INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY, una vez analizadas dichas estrategias de manera puntual para el edificio el Cubo de Colsubsidio, se dará a conocer cuál o cuáles de las estrategias han permanecido en el tiempo por medio de la gestión administrativa, generando retornos a nivel financiero, lo anterior con el fin que los interesados en el proceso puedan conocer el estado actual de las estrategias planteadas en el diseño del proyecto.

1 GENERALIDADES

1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Línea de investigación Gestión integral y dinámica de las organizaciones empresariales.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El incremento en la explotación de los recursos naturales ocasiona gran parte de las problemáticas ambientales que actualmente conocemos como lo son: El calentamiento global, contaminación de cuerpos hídricos, sobre explotación de recursos naturales entre otros, lo cual ha generado un impacto negativo en el planeta, al ver estos impactos se comienza a desarrollar un interés a nivel global sobre cómo lograr la mitigación de estos en el medioambiente.

Según “Datos de las Naciones Unidas afirman que la industria de la construcción genera un 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero al año, consume cerca de un 40% de la energía total así como también produce el mismo porcentaje de residuos sólidos urbanos, extrae cerca de un tercio de los materiales del medio natural, ocupa un 12% de la superficie terrestre y consume un 12% del agua potable lo que hace que sea el sector con mayor huella ecológica en el planeta.”

[1]

Teniendo en cuenta lo anterior, era de esperarse que surgiera una respuesta ante esta problemática desde el campo del diseño y la construcción, es por eso que se constituye el conjunto de normas que conforman el manual de estrategias que contribuyen a la sostenibilidad en las diferentes modalidades de certificación LEED.

Parte de los inconvenientes que ha tenido el aumento de la cantidad de proyectos diseñados y construidos bajo las estrategias de LEED, están relacionadas con el presupuesto, esto debido a que en ocasiones la implementación de algunas de las estrategias de sostenibilidad planteadas

por el LEED, necesitan una inversión mayor al inicio del proyecto, pues se requieren diseños o materiales especiales para la ejecución de estos. Parte de este problema es el que se quiere analizar a través de desarrollo del proyecto de investigación, demostrando que a pesar de la mayor inversión que se debe hacer al inicio del proyecto para aplicar las estrategias de sostenibilidad, el proyecto va a tener beneficios económicos a corto y mediano plazo, durante su etapa de operación, esto esta soportado en investigaciones realizadas entre otros por LA SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL donde establece que *“los edificios con certificación LEED están diseñados para soportar menores costes de operación y aumentar el valor de los activos; [...] ser más saludables y más seguros para los ocupantes [...] beneficiarse de desgravaciones fiscales”* [2]

Después de obtener la certificación LEED los proyectos enfrentan otro desafío y es el de mantener en funcionamiento las estrategias planteadas en el diseño, las cuales en algunos casos se pueden mejorar o pueden dejar de tener el impacto positivo planteado en el diseño, esto en algunos casos por las decisiones administrativas que se toman cuando el proyecto se encuentra en funcionamiento, ejemplo: cambia la administración y con ella las especies de plantas implementadas, esto puede generar un efecto negativos en las estrategias planteadas en el diseño. En este punto, hasta el momento no se tiene una cifra exacta de cuantos de estos proyectos que han sido certificados por LEED, dejaron de aplicar algunas de sus estrategias o le hicieron ajustes, es por esto, que esta investigación, teniendo como base un caso de estudio, quiere evaluar el comportamiento de un proyecto puntual tras seis años de su certificación LEED.

Este proyecto de investigación tiene como principal finalidad verificar dos créditos a los cuales el edificio El Cubo aplico dentro del capítulo de calidad ambiental interior (IEQ), crédito 2 ventilación aumentada y crédito 8.1 luz natural y vista, este es el quinto capítulo que se evalúa en la metodología LEED en su versión 2.2 y se hace relevante según la información encontrada en la búsqueda de bibliografía.

Anteriormente se pensaba que los edificios solo tenían afectación hacia el exterior de ellos, pero el capítulo de IEQ demuestra que muchos de estos efectos son interiores, generando

afectaciones positivas o negativas sobre los ocupantes y usuarios de los espacios, según *“la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que aproximadamente el 30 por ciento de las construcciones modernas pueden estar afectando a sus ocupantes”* [3] es por eso que el análisis de la calidad ambiental interior es tan importante.

Una vez expuesto lo anterior, se puede ver la relación estrecha que existe entre una adecuada calidad ambiental interior y el rendimiento de las personas, cuando en los proyectos no se aplican estas estrategias, los rendimientos bajan y el índice de enfermedades relacionadas con el edificio aumenta, según se ha revisado en diferentes fuentes citadas en este texto. Debido a esto se vuelve relevante analizar los dos créditos de IEQ mencionados previamente (Ventilación e iluminación) en el edificio El Cubo, pues desde la gerencia es importante aplicar estrategias que mejoren el entorno de los empleados para así tener una mayor productividad y calidad en el producto a entregar.

1.2.1 Antecedentes del problema

En la década de los noventa en Estados Unidos se reunieron varias organizaciones relacionadas con la construcción, las cuales estaban interesadas en establecer un estándar sobre lo que debía ser un edificio sostenible, que características debía tener, en ese momento buscaban que los edificios tuvieran impacto en tres áreas que son social, ambiental y económico, así nació el U.S GREEN BUILDING COUNCIL en adelante USGBC, el cual de inmediato comenzó a trabajar en la primera versión de la certificación, más adelante en 1998 la certificación fue nombrada como LEED, hasta la actualidad.

Estados Unidos al ser el país donde se fundó la USGBC y posteriormente LEED, tiene la mayor cantidad de proyectos certificados, la cual asciende a 33.632 y la mayor cantidad de metros cuadrados construidos y certificados, la cual asciende a 441.000.000 de metros cuadrados en bruto, estos datos a cierre del año 2018. [4]

En Japón en 1997 se da lugar al primer Seminario Global de Ambiente y los temas principales son: establecer cuáles son los problemas ambientales del momento y que se podía hacer para resolverlo, como se habían comenzado a implementar las leyes de edificios verdes en Estados Unidos puntualmente en Austin Texas y la historia a esa fecha del Movimiento Americano Ambiental. Después de esto en marzo de 1998 nace JAPAN GREEN BUILDING COUNCIL su sigla JGBC y se estableció como una organización que busca contribuir y promover el cuidado del medio ambiente, esto por medio de una relación diferente con la elaboración y ejecución de proyectos de construcción; estos los buscan por medio de cuatro actividades, la protección ambiental, la educación, el desarrollo de la comunidad y la cooperación internacional. [5]

En Europa LEED ingreso por España, en 1998 se crea SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL su sigla SPAINGBC, esta es una organización sin ánimo de lucro, líder en temas de sostenibilidad en Europa, hasta el 2016 era la tercera organización más importante a nivel mundial después de paises como Estados Unidos y Japón, con la creación de SPAINGBC inicia la traducción de la Versión LEEDv1.0 piloto de LEED al español y en el año 2000 logran registrar el primer proyecto en España y en Europa a nivel comercial con la versión LEEDv2.0, esto ratifico el liderazgo en temas de sostenibilidad. [6]

En Colombia hasta hace relativamente pocos años no se hablaba del tema de sostenibilidad y no se tenía el acceso suficiente a la información sobre el tema, había pocos profesionales formados en esa área y se podría decir que no se había prestado la importancia que merecía, hasta que en el año 2008 se creó el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, una organización privada sin ánimo de lucro, la cual vela por unas prácticas adecuadas y un desarrollo ambientalmente responsable del urbanismo y la construcción. [7]

1.2.2 Pregunta de investigación



¿Las estrategias de IEQ de ventilación aumentada y luz natural y vista, aplicadas en el edificio El Cubo de Colsubsidio han tenido continuidad y cuál ha sido su costo a través del tiempo?




1.2.3 Variables del problema

Cuando se habla de temas sostenibles más específicamente de LEED, es importante tener presente las variables que se relacionan con el tipo de proyectos, las cuales se describen los 8 tipos en la Tabla 1 Tipo de proyectos y las diferentes versiones que vienen variando desde la versión LEED v1.0 piloto hasta la versión de 2018 LEED v4.1, de las cuales se muestran sus variaciones en la Tabla 3 Versiones de certificación LEED.

Las anteriores variables se agrupan en una gran variable que es el tipo de certificación obtenida que va desde certificación Leed hasta Leed Platino, las cuales se describen en más detalle en la Tabla 2 Categorías de certificación LEED.

Tabla 1 Tipos de proyectos


TIPO DE PROYECTO	DESCRIPCION	IMAGEN
Diseño y Construcción de edificios nuevos	como su nombre lo indica esta categoría incluye todos los edificios nuevos, pero también incluye los edificios a los cuales se les va a hacer una intervención fuerte en fachada y en sus espacios interiores. En ingles Building Desing and Construction, sigla BD+C.	
Diseño y Construcción interior	Este aplica para proyectos interiores distintos a espacios comerciales y de prestación de servicios de estancia como hoteles. En ingles Interior Desing and construction, sigla ID+C	




Operación y mantenimiento de edificios	esta categoría se creó para proyectos existentes que se quieren enfocar en la sostenibilidad en su operación, este aplica para diferentes usos como colegios, hospedaje, ventas, entre otros. En ingles Building Operations and Maintenance, sigla O+M	
Casas	está enfocado en vivienda unifamiliar y multifamiliar, de uno hasta ocho pisos, como lo indica la USGBC, la vivienda es la construcción más importante con la que tenemos contacto a lo largo de la vida y donde deberíamos procurar tener los mayores ahorros de recursos. En ingles Home	
Desarrollo barrial	Esta certificación está enfocada en crear mejores barrios, que sean sostenibles y estén bien conectados con la ciudad, se puede aplicar en cualquier etapa del proyecto desde la planeación hasta la etapa de construcción. En ingles Neighborhood, sigla ND	
Ciudad y comunidad	Esta categoría está enfocada en proporcionar una forma para planificar, diseñar, calcular y hacer gestión sobre los diferentes aspectos de una ciudad como social, ambiental y económico.	
Recertificación	La recertificación se puede aplicar a todos los proyectos sin importar la versión, ayuda a el mantenimiento en el tiempo del edificio y su mejoramiento	
Zero	Leed Zero está enfocado en lograr proyectos con cero emisiones de carbono, cero gastos de energía tradicional y balance de uso de agua potable durante un año.	

Fuente: Elaborado por el autor

Categorías de certificación LEED

Tabla 2 Categorías de certificación LEED

CATEGORIA	DESCRIPCION	IMAGEN
Certificado leed	Este tipo de certificación se obtiene al tener una puntuación de 40 a 49 puntos, adicional a ese puntaje se debe cumplir con todos los	

	prerrequisitos.	
Leed plata	Este tipo de certificación se obtiene al tener una puntuación de 50 a 59 puntos, adicional a ese puntaje se debe cumplir con todos los prerrequisitos.	
Leed oro	Este tipo de certificación se obtiene al tener una puntuación de 60 a 79 puntos, adicional a ese puntaje se debe cumplir con todos los prerrequisitos.	
Leed platino	Este tipo de certificación se obtiene al tener una puntuación de 80 en adelante, adicional a ese puntaje se debe cumplir con todos los prerrequisitos.	

Fuente: Elaborado por el autor

Versiones de certificación LEED

Tabla 3 Versiones de certificación LEED

TIPOS DE VERSIONES	DESCRIPCION
V.4.1Version leed 4.1	Con la versión anterior se identificaron unos impactos y como se podían comenzar a mitigar esos impactos negativos, en esta versión se amplía el horizonte sobre los diferentes impactos que hay en las diferentes zonas del planeta donde se comenzó a implementar el leed, se aumentan los requerimientos técnicos, se busca mejorar la experiencia del usuario, algunas de las categorías aumentaron sus prerrequisitos, una categoría se dividió en dos, sustainable sites en: Location & transportation y sustainable sites.
V.4 Versión leed 4	
V.3 Versión leed 2009	En esta versión ya se tiene una conciencia previa la cual se ha ido ganando con las primeras versiones de LEED, en esta versión el objetivo es comenzar a reducir los impactos que se generan por los proyectos, en comparación con la versión anterior los porcentajes de distribución por categoría cambiaron, ejemplo energía y atmosfera aumento su porcentaje dentro de la certificación.
V.3 Versión leed 2008	

V2 LEED 2.2	Estas versiones fueron las primeras de LEED y en principio se buscó hacer una introducción en el tema, crear conciencia en Estados Unidos en el gremio de la construcción, para mitigar el impacto ambiental que tenía esa industria en el medio ambiente. en esta versión el puntaje máximo era de 100 puntos.
V2 LEED 2.1	
V2 LEED 2.0	
V1 LEED 1.0 piloto	

Fuente: Elaborado por el autor

1.3 JUSTIFICACIÓN

El espacio en el cual las personas estudian, trabajan o viven tiene una gran influencia en ellos, si tenemos en cuenta que la población que actualmente vive en la ciudad, se puede decir que las personas *“pasan entre el 58 y el 78 % de su tiempo en un medio ambiente de interior”* [8] este porcentaje hace que el tema de IEQ cobre fuerza, pues según las condiciones térmicas, de ventilación o de iluminación el usuario se comportará de cierta manera o tendrá un efecto físico según esas condiciones, calor, frio, cansancio visual entre otros.

Parte de estas condiciones son las que harán que los usuarios estén o no en confort y según esto tendrán que implementar estrategias adicionales para controlar y mitigar los efectos antes mencionados. Comúnmente se utilizan equipos adicionales para ayudar a controlar esos efectos ejemplo: aires acondicionados, calefacción, ventiladores o mayor cantidad de iluminación, esto tiene como consecuencia el aumento del consumo del edificio, lo cual no solo tiene efectos en el medio ambiente sino también en los costos de operación y mantenimiento del proyecto.

Desde el concepto de sostenibilidad los efectos de condición térmica, ventilación, iluminación, entre otros, junto con sus influencias en el usuario, se conocen como Indoor Environmental Quality. En la metodología LEED estas IEQ, se manejan con la finalidad de hacer construcciones que mejoren el confort del personal que ocupará dicha construcción, pues como lo menciona el autor de la Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo un edificio puede *“causar malestar, estrés, absentismo laboral y pérdida de productividad (con aumentos paralelos de los costes de producción)”* [8] todo esto lo podemos ver reflejado en los costos de operación.

El edificio el cubo de Colsubsidio, implemento las estrategias IEQ plateadas para la versión 2.2, específicamente: estrategias de ventilación aumentada, plan de manejo del aire interior de la construcción (durante la construcción), materiales de baja emisión (adhesivos y sellantes), materiales de baja emisión (pinturas y recubrimientos), materiales de baja emisión (tapetes), confort termico (diseño), confort térmico (verificación) y luz natural y vista (luz natural para el 75% de los espacios). De las mencionadas previamente, este trabajo se va a enfocar en: ventilación aumentada y luz natural y vista, estos créditos se seleccionaron teniendo en cuenta que su porcentaje de relación con el síndrome del edificio enfermo es de un “50 a 52%” [8] por lo tanto la mitad de los edificios calificados como “enfermos” tiene relación con alguno de los dos créditos seleccionados.

Parte de los impactos negativos mencionadas previamente, son los que busca evitar las estrategias que plantea LEED y puntualmente en este caso de estudio las estrategias de IEQ, es por esto por lo que es importante revisar los efectos que tiene en los usuarios de los proyectos estas estrategias, tanto en los efectos positivos que puede tener en los usuarios como en los costos que se pueden generar con la implementación de estas.

Para las personas que están relacionadas con la gerencia de obras y/o proyectos o aquellas que en su ejercicio profesional están enfocados en estarlo, deberían estar interesadas en como tener y promover mejores prácticas ambientales que beneficien a sus proyectos en cuanto a rendimiento y costo, pues como se encontró en una de las fuentes *“Una buena calidad del aire interior mejora el bienestar personal y la salud de sus empleados. Las instalaciones con buena calidad del aire ofrecen, sin duda alguna, entornos de trabajo más productivos”*. [9]

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar las estrategias de IEQ de ventilación aumentada y luz natural y vista, aplicadas en el

edificio El Cubo de Colsubsidio certificado en categoría Gold por el sistema LEED, versión 2.2 para verificar su continuidad y costo a través del tiempo.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recopilar la información de las estrategias implementadas en IEQ en el edificio el Cubo de Colsubsidio, en cuanto a ventilación aumentada y luz natural y vista.
- Verificar la continuidad en la implementación de las estrategias de IEQ en el edificio el Cubo de Colsubsidio en cuanto a ventilación aumentada y luz natural y vista.
- Evaluar las estrategias en cuanto a ventilación aumentada y luz natural que puedan ser mejoradas o de ser necesario una nueva implementación establecer el costo de esta.
- Desarrollar el ejercicio de tasa interna de retorno para la estrategia de mejora planteada.

2 MARCOS DE REFERENCIA

2.1 MARCO CONCEPTUAL

SOSTENIBILIDAD, la sostenibilidad es la búsqueda del equilibrio entre la explotación de recursos para satisfacer las necesidades actuales generando una afectación negativa mínima a largo plazo en el entorno.



Fuente: <https://www.sintetia.com>

LEED, Leadership In Energy and Environmental Design, es una certificación que busca la construcción de proyectos sostenibles por medio de un conjunto de normas, está dividido por tipos de proyecto y diferentes categorías las cuales alcanza según el puntaje obtenido.



Fuente: <https://www.cccs.org.co>

IEQ, Indoor Environmental Quality, la calidad ambiental interior es uno de los atributos que se califican dentro de leed y está enfocada en promover un ambiente adecuado dentro de los proyectos, teniendo en cuenta la luz, la ventilación, el ruido, entre otras cosas.



Fuente: <http://www.eechile.cl>

CCCS, Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, es una organización privada sin ánimo de lucro que vela y promueve la construcción sostenible en Colombia de nuevos proyectos y la transformación de proyectos existentes.



Fuente: <https://www.cccs.org.co>

BREEAM, Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology, esta certificación está enfocada en edificios, infraestructura y planes maestros, busca evaluar el ciclo de vida de los proyectos y su impacto en el entorno, se puede aplicar a proyectos nuevos y existentes.



Fuente: <https://www.cccs.org.co/>

EDGE, Excellence in Design for Great Efficiencies, es una plataforma la cual ayuda a diseñar los edificios y hacerlos más eficientes energéticamente, de esta forma se logra disminuir las emisiones de carbono.



Fuente: <https://www.cccs.org.co/>

REFERENCIAL CASA COLOMBIA, esta es una certificación local creada por la CCCS, con esta buscan tener un referente de sostenibilidad local, el cual integra las políticas actuales del país.



Fuente: <https://www.cccs.org.co/>

ENERGÍAS RENOVABLES, hace referencia a la generación de energía por medio de fuentes naturales como el agua, el viento, el sol las cuales en muchos de sus casos son inagotables, la producción de esta energía tiene bajo impacto ambiental y el consumo de esta ayuda a reducir el efecto invernadero.



Fuente: <https://syce.com.ar>

ARQUITECTURA SOSTENIBLE, es el diseño y construcción de un proyecto teniendo en cuenta la importancia del entorno, de los recursos naturales, tratando de generar el menor impacto posible con el mayor beneficio para el usuario.



Fuente: <http://www.siberzone.es>

GESTIÓN DE PROYECTOS SOSTENIBLES, es la sostenibilidad vista desde la organización, como desde lo administrativo se puede promover modelos sostenibles que ayuden a operar de manera eficiente, velando por un equilibrio entre lo ambiental, lo social y lo administrativo (esto visto desde los beneficios que se pueden lograr para el proyecto). [10]



Fuente: <http://rse.elsalvador.com>

CAJAS DE COMPENSACIÓN, son entidades privadas que buscan mejorar la vida de sus afiliados por medio de subsidios, servicios, en diferentes áreas, turismo, vivienda, salud, recreación y deportes entre otros. Estas cajas obtienen sus recursos de los aportes que realizan los empleadores a las mismas, el cual corresponde al 4% del valor total del salario que devenga el empleado.



Fuente: <https://www.colsubsidio.com/>

RETABILIDAD, son los beneficios obtenidos o que se pueden obtener por una inversión, esto se mide en porcentajes, se encuentra rentabilidad económica y rentabilidad financiera. [11]



Fuente: <https://definicion.de>

COSTO, cantidad de dinero necesario para la producción de un producto o la prestación de un servicio.



Fuente: <https://aws.amazon.com/es/economics/>

AHORRO, cantidad de dinero, recursos o bienes que se dejan de utilizar para un fin.



Fuente: <https://www.flaticon.es/>

CICLO DE VIDA, es la progresión a través del tiempo de un producto, en este caso puntual de un edificio y sus materiales, durante diseño, construcción, operación, mantenimiento y fin del ciclo.



Fuente: <http://www.ecohabitar.org/>

2.2 MARCO TEÓRICO







En Estados Unidos se fundó en 1993 USGBC, la cual se crea con el propósito de tratar temas de sostenibilidad en los diferentes tipos de construcción, dicha situación permite que se establezca a nivel mundial como líder en temas de sostenibilidad para diseños y construcciones de obra civil, una vez creada el USGBC, plantea una metodología a través de la cual se contemplan estrategias constructivas que abarcan: sitios sostenibles, eficiencia del agua, energía y atmosfera, materiales y recursos, calidad ambiental interior, innovación y proceso de diseño, la metodología recibe por nombre Leadership In Energy And Environmental Desing (LEED).

A la fecha LEED, está presente en 165 países y tiene más de 90.000 proyectos certificados entre todas sus categorías, tipos de proyectos y versiones.

La metodología LEED como se mencionó en el numeral 1.2.3 previamente, está dividida por categorías y la categoría se obtiene por puntaje, el puntaje máximo que se puede conseguir en LEED, en su versión más reciente 4.1 es 110 puntos, adicional a esos 110 puntos posibles hay

unos ítems que son de cumplimiento obligatorio y no suman puntaje en las categorías que tienen calificaciones, las cuales se describen a continuación en la Tabla 4 Créditos de certificación

Tabla 4 Créditos de certificación LEED

CREDITOS	DESCRIPCION	IMAGEN
SITIOS SOTENIBLES	Esta categoría promueve el uso responsable del suelo, minimizar la huella del proyecto, la selección adecuada de materiales, buscando materiales que reflejen y no que absorban la radiación, gran cantidad de m2 de zonas verdes, promover el uso de transporte público o transporte sin emisiones.	
EFICIENCIA DEL AGUA	El objetivo principal es el cuidado y uso responsable del agua potable, se busca ahorro en el consumo por medio de baterías sanitarias y griferías eficientes como algunos ejemplos, sistemas de recolección de aguas lluvias, optimización de sistemas de riego.	
ENERGIA Y ATMOSFERA	Busca el desarrollo óptimo de la energía en el proyecto, implementación de tecnologías como led, busca reducir el gasto, optimizar la eficiencia de la envolvente y promover el uso de energías no renovables	
MATERIALES Y RECURSOS	Busca la selección de materiales con bajo impacto ambiental que sea fácilmente renovables, que estén compuestos de materiales reciclados y/o que puedan ser reciclados al final de la vida del proyecto.	
CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR	Se busca que el edificio tenga espacios saludables, por medio de una ventilación adecuada, vista hacia el exterior por lo menos para el 75% de sus ocupantes, iluminación natural, en resumen, busca confort en el usuario	
INNOVACION Y PROCESO DE DISEÑO	Promueve innovar y superar los estándares mínimos requeridos en LEED, no incluye los ítems de prerrequisito	

Fuente: Elaborado por el autor

En Colombia en este momento hay 151 edificios certificados, los cuales suman un promedio de 2'300.000 m², estos proyectos certificados están divididos en: 22 proyectos certificados con un promedio de 192.211 m², plata 41 proyectos con un promedio de 661.889 m², oro con 72 proyectos en un promedio de 1.262.237 m² y platino con 16 proyectos y un promedio de 298.079 m², a la fecha están en proceso de certificación 223 proyectos que suman un aproximado de 3.900.000 m², esto no solo refleja el aumento de proyectos sostenibles en Colombia, sino que también demuestra el creciente interés por la sostenibilidad y la importancia de disminuir las afectaciones negativas en el medio ambiente. [7]

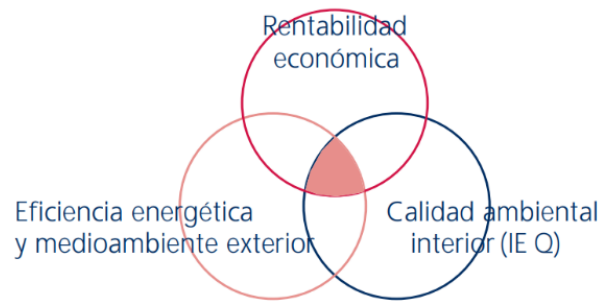
Haciendo una aproximación a el capítulo de IEQ, se puede deducir que parte de la importancia de este capítulo, se da debido a que la mayoría de las personas actualmente pasan gran parte del tiempo en interiores, por eso es tan importante analizar los efectos que han generado en los usuarios a lo largo del tiempo y tiene tanta relevancia este capítulo dentro de LEED.

La OMS (Organización Mundial de la Salud) definió parte del conjunto de afectaciones en el usuario como el Síndrome del edificio enfermo, esto hace referencia a un conjunto de molestias causadas en el usuario como *“sequedad de piel y mucosas, escozor de ojos, cefalea, astenia, falta de concentración y de rendimiento laboral, entre otras o enfermedades, que aparecen durante la permanencia en el interior del edificio afectado y desaparecen después de su abandono. Esta circunstancia ha de darse, al menos, en un 20% de los usuarios.”* [12]

La calidad ambiental tiene unos factores que causan afectación, dentro de estos encontramos el sol, el viento, el ruido, los cuales pueden tener un impacto positivo o negativo en la parte física de las personas según como haya sido manejado en el proyecto, de igual forma los usuarios se pueden ver afectados por agentes químicos o biológicos, un adecuado manejo del IEQ generara una comodidad en el usuario y una disminución de las enfermedades relacionadas con el edificio.

La finalidad de IEQ es buscar un equilibrio de todas las partes involucradas en la calidad ambiental interior, rentabilidad económica, la cual podemos ver reflejada en ahorros en el funcionamiento del edificio, eficiencia energética lograda por medio de diferentes estrategias bioclimáticas las cuales ayuden a reducir el impacto en el medio ambiente (en este estaría representado el exterior) y las estrategias de calidad ambiental interior las cuales tendrán como resultado usuarios más satisfechos y sanos.

Imagen 1 Equilibrio en calidad ambiental interior



Fuente: http://www.intersindical.es/boletin/laintersindical_saludlaboral_02/archivos/edificios_saludables_2parte.pdf

Puntualmente en el capítulo de LEED, se tienen dos capítulos de prerrequisito los cuales califican: el desempeño mínimo de la calidad del aire interior y control del humo del cigarrillo, se califica la ventilación del espacio por medio de cuatro ítems, los materiales en cuatro ítems, afectaciones por contaminación o químicos en un ítem, iluminación en un ítem, confort térmico en tres ítems y luz natural y vista en tres ítems.

Se puede deducir que la combinación de estas estrategias, nos pueden ayudar a controlar la temperatura del espacio por medio de la ventilación e iluminación natural, esta combinación a su vez puede ayudar a el confort térmico, el cual se puede ver reflejado en la no implementación de equipos de control térmico como aires acondicionado o calefacción, la iluminación natural a su vez ayudara a reducir el gasto energético del edificio, lo cual es bueno para el medio ambiente y para la reducción de gastos en la operación del proyecto, la selección de los materiales ayuda en el IEQ pues según las características de los mismos, pueden ayudar a aumentar o disminuir la temperatura del espacio, tener afectaciones por químicos, ejemplo: pinturas muy fuertes pueden ocasionar problemas respiratorios o un el uso de tapetes puede generar alergias en los usuarios.

Adicional a todo lo mencionado previamente por medio de la luz natural y la vista el usuario podrá tener un espacio que le genere tranquilidad y momentos de esparcimiento necesarios para un rendimiento adecuado en sus labores.

A continuación, en la imagen 2 créditos de IEQ obtenidos por el cubo, se muestra la calificación del edificio el Cubo en el capítulo de IEQ, a cuáles aplicaron y cuál fue el puntaje para cada uno de ellos, los puntos obtenidos en este capítulo fueron 8 de 15 puntos posibles (los aprobados se muestran marcados en verde). De estos créditos se va a hacer el análisis de los siguientes: crédito 2 ventilación aumentada y crédito 8.1 luz natural y vista, teniendo en cuenta estos dos créditos se establecerá una línea base para hacer un análisis comparativo. La línea base será el edificio el Cubo como está actualmente y el segundo escenario será el mismo proyecto, pero aplicando algunas estrategias que ayuden a mejorar lo existente de esta forma se podrá comparar el costo existente contra el costo de las nuevas implementaciones y los beneficios que traería al edificio.

Imagen 2 Créditos de IEQ obtenidos por el cubo

Si	?+	?-	No	Calidad Ambiental Interior		15 Puntos
8	0	0	7			
Si				Prereq 1	Desempeño mínimo de la Calidad del Aire Interior	Requerido
Si				Prereq 2	Control Ambiental del Humo de Cigarrillo	Requerido
			1	Crédito 1	Monitoreo de la Entrada de Aire Fresco	1
1				Crédito 2	Ventilación Aumentada	1
1				Crédito 3.1	Plan de Manejo del Aire Interior de la construcción, Durante la Construcción	1
			1	Crédito 3.2	Plan de Manejo del Aire Interior de la construcción, Antes de Ocupación	1
1				Crédito 4.1	Materiales de Baja Emisión, Adhesivos & Sellantes	1
1				Crédito 4.2	Materiales de Baja Emisión, Pinturas & Recubrimientos	1
1				Crédito 4.3	Materiales de Baja Emisión, Tapetes	1
			1	Crédito 4.4	Materiales de Baja Emisión, Compuestos de Madera & Fibras Vegetales	1
			1	Crédito 5	Control de fuentes de polución y químicos internos	1
			1	Crédito 6.1	Controlabilidad, Iluminación	1
			1	Crédito 6.2	Controlabilidad, Confort térmico	1
1				Crédito 7.1	Confort Térmico, Diseño	1
1				Crédito 7.2	Confort Térmico, Verificación	1
1				Crédito 8.1	Luz Natural y Vista, Luz Natural para el 75% de los espacios.	1
			1	Crédito 8.2	Luz Natural y Vista, Vista al exterior para el 90% de los espacios.	1

Fuente: Obtenido de los archivos de diseño del proyecto

Los créditos seleccionados evalúan en primer lugar los porcentajes mínimos de ventilación que debe tener el edificio, estas evalúan la ventilación natural, artificial o mixta, en este caso se revisara como se planteó la ventilación del lugar, como funciona la estrategia y si se mantiene a

la fecha. El segundo crédito Luz natural y vista, el objetivo de este crédito es “proporcionar a los ocupantes una conexión entre los espacios cerrados y abiertos por medio de la introducción de luz natural y vistas a las áreas del edificio ocupadas habitualmente” [13], igual que el crédito anterior se revisara si se sigue cumpliendo a la fecha como fue diseñado, adicional a eso se revisara si en algún caso existe una oportunidad de mejora, de ser así se establecerá un caso base el cual será la situación actual el proyecto y el segundo caso sería una propuesta para poder comparar económicamente si la propuesta de mejoramiento es viable o no.

2.3 MARCO JURÍDICO

A medida que el interés sobre los temas de sostenibilidad aumentaba, Colombia fue trabajando en la creación de leyes y resoluciones que regularan y promovieran la implementación de estrategias de sostenibilidad y energía renovables, dentro de estas leyes y resoluciones se encuentran las siguientes:

Ley 1715 de 2014, Ley de implementación de energías renovables al sistema energético nacional, se crearon los parámetros para poder implementar el uso de energía renovable en el país y establecer un marco normativo en el cual desarrollarse. Adicional a eso se declara como un tema de interés nacional por su impacto social y ambiental, esto hace que tenga un efecto importante en temas de ordenamiento territorial, planeación, incentivos financieros, entre otros.

Esta ley tuvo implicaciones en diferentes entidades y ministerios pues desde cada uno de ellos se debía promover la implementación de estas energías limpias, ejemplo: el Ministerio de Minas y Energía estaba encargado de establecer los parámetros técnicos sobre los cuales se debían desarrollar estas tecnologías, el Ministerio de Hacienda y Crédito tenía a cargo dar incentivos y ayudas para universidades y fundaciones, las cuales realizan investigaciones para avanzar en el tema, y con sus resultados a ayudar a evaluar sus beneficios y promover su uso en el país.

Estas son algunas de las tareas por ministerio y los objetivos básicos de la ley, dentro de esta

también se establecieron unos beneficios económicos para los proyectos que implementaran estas políticas de energía renovable, dentro de esos beneficios se encuentra la reducción de la renta durante los 5 años siguientes a la inversión realizada (en proyectos que promuevan el uso de esta energía), este beneficio será del 50% sobre el valor invertido, adicional a eso los quipos, maquinaria, tecnología entre otros que se utilicen para este fin están exentos de IVA, de igual manera sobre estos tendrán un beneficio arancelario, al exonerarlos de este pago y adicional a eso gozaran de una depreciación lenta sobre los elementos que se hayan invertido para la implementación de estas energías.

Resolución 463 de 2018, en resumen, esta resolución se ajustaron parte de los parámetros y porcentajes establecidos en la ley 1715, dentro de los ajustes realizados esta la modificación en los beneficios de renta, el cual paso de una reducción del 50% al 25% de reducción sobre la inversión realizada en proyecto de energías limpias.

Se mantienen exentos de IVA todos los equipos, maquinarias o cualquier elemento que se vaya a utilizar en la implementación de los proyectos que promuevan la implementación de las energías renovables. Adicional a eso se incluyen equipos, maquinarias y demás que estén involucrados en el proceso de reciclar y procesar las basuras.

Promueve el diseño, la construcción y adecuación de proyectos existentes para lograr proyectos ambientalmente sostenibles, en el diseño y la construcción de proyectos nuevos se diseña teniendo en cuenta las características del entorno y se aplican de la mejor forma posible las estrategias de sostenibilidad, en proyectos existente se pueden hacer intervenciones en fachadas, cubiertas y demás para lograr un mejoramiento en las condiciones del proyecto existente.

Resolución 030 de 2018, en esta resolución se reglamentó *“las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional”* [14] se

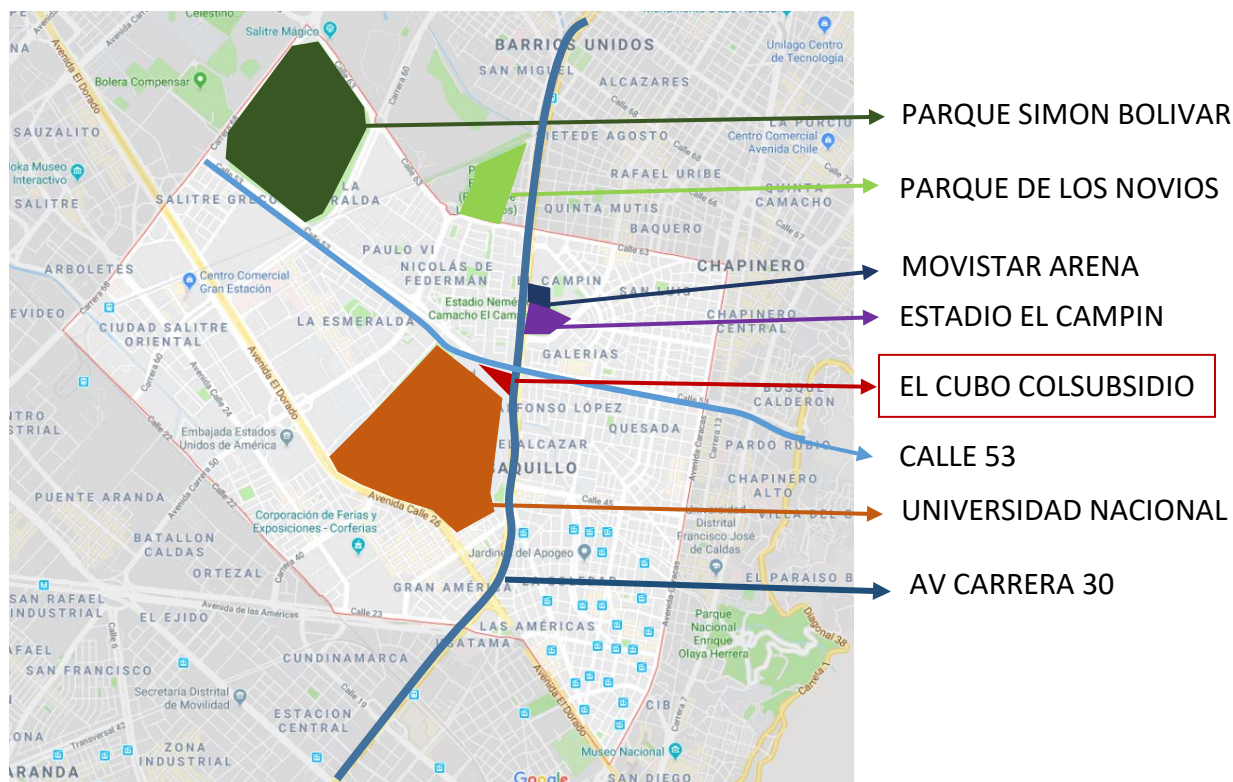
establecen parámetros técnicos, las condiciones ideales para el suministro de energías renovables, los rangos de producción de energía los cuales establecen si es un auto generador a pequeña escala de energías renovables, como se deben manejar los excedentes de energía entre otros aspectos.

Resolución 2254 de 01 de noviembre de 2017, *“la resolución establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión y adopta disposiciones para la gestión del recurso del aire en el territorio nacional, con el objeto de garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana que pueda ser causado por la exposición a los contaminantes de la atmosfera”* [15]. En esta resolución se establecen unos índices generales para medir la calidad del aire y para esto se establecen 6 colores, comenzando en el verde, el cual se considera como un buen estado del aire este no tiene riesgo para la salud, pasando el amarillo, naranja, rojo, purpura hasta llegar al marrón el cual es el nivel máximo, es peligroso y la población está en riesgo y puede generar efectos graves en la salud. Dentro de la resolución también se establecieron uno niveles máximos de contaminación del aire para el 2018 y para otros niveles para el 2030.

2.4 MARCO GEOGRÁFICO

El edificio el Cubo de Colsubsidio, está ubicado en Colombia, en la ciudad de Bogotá, en la calle 53 con la Av. Carrera 30, lo cual geográficamente es el centro occidente de la ciudad, pertenece a la localidad 13 Teusaquillo la cual está compuesta por seis (6) UPZ, tiene un área de 1.421 hectáreas. Dentro de la localidad se establecen 6 barrios de importancia, La esmeralda, Galerías, Teusaquillo, Quinta paredes, Ciudad salitre oriental y Parque central Simón Bolívar, estos grandes barrios se subdividen los cuales de igual forma se subdividen en aproximadamente 25 barrios. La zona donde está ubicado el proyecto está consolidada como zona de equipamientos, algunos de ellos son: Parque Simón Bolívar, Universidad Nacional, Estadio El Campin, Movistar Arena.

Imagen 3 Ubicación del Cubo con relación a la localidad de Teusaquillo



Fuente: Base de <https://www.google.com/maps/place/Teusaquillo,+Bogotá+F>, con modificaciones elaboradas por el autor

Por la ubicación del proyecto dentro de Bogotá, tiene unas características climatológicas específicas, las cuales son propicias para desarrollar las estrategias de bioclimática en el proyecto, en la ciudad de Bogotá y específicamente en la zona de la Universidad Nacional. Según los datos obtenidos en la página del IDEAM se tienen las siguientes características:

Tabla 5 Condiciones climatológicas

CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS CUBO COLSUBSIDIO			
TEMPERATURA	ALTA ANUAL	19,3°	La temperatura promedio más alta registrada se encuentra en el mes de febrero y la más baja promedio en el mes de enero
	MEDIA ANUAL	14,9°	
	BAJA ANUAL	9,2°	
PRECIPITACIONES	ALTA ANUAL	128,7 mm	Según las estadísticas en esta zona en el año llueve un aproximado de 175 días, los meses con más lluvias son noviembre y octubre, los meses más secos son agosto y julio
	BAJA ANUAL	40,2 mm	
	MEDIA ANUAL	901,6 mm	

Fuente: Elaborado por el autor

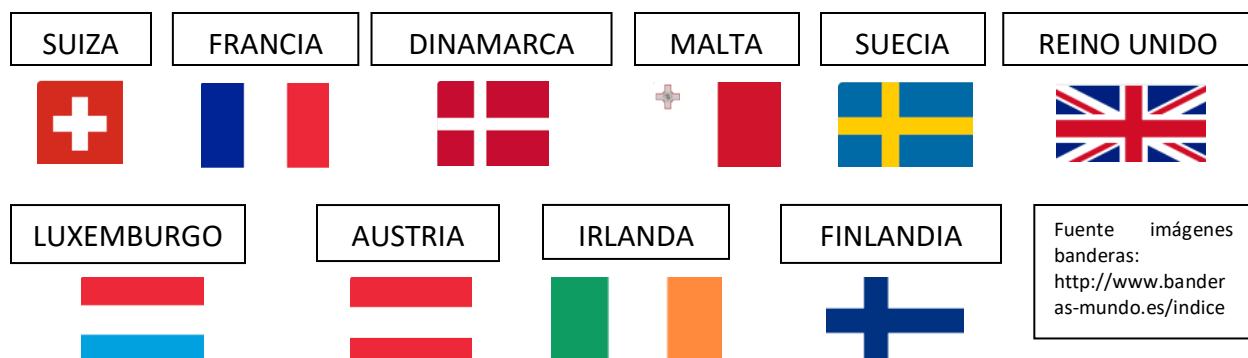
2.5 MARCO DEMOGRÁFICO

La localidad en la cual está ubicado el caso de estudio el Cubo, hay una población aproximada de 137.641 habitantes, en su mayoría estrato medio. Según el registro de ingresos, a lo largo del funcionamiento del proyecto teniendo en cuenta usuarios y empleados se han atendido un aproximado de 3'056.465 personas, lo cual muestra la importancia que ha tenido el proyecto en la ciudad como equipamiento, el cual busca suplir las necesidades no solo de sus afiliados sino también de esta zona centro occidental de la ciudad, esta cifra se obtuvo haciendo un promedio de usuario por año según el registro que se tiene hasta el momento.

Según los registros obtenidos por parte de la administración del edificio el Cubo, los cuales fueron suministrados a el equipo de investigación, en el 2019 el proyecto ha tenido ingresos de 64.617 personas en el mes de enero, 71.392 en febrero y 93.298 en marzo, eso da como promedio 81.435 personas que ingresaron al Cubo por mes en el primer trimestre del año en curso, a esa cantidad de usuarios se le debe sumar un promedio de 5.000 empleados mensuales, esta cantidad se obtiene de multiplicar un promedio de 200 empleados por día multiplicado por 25 días de trabajo al mes, esta cantidad de empleados se suman entre empleados fijos, outsourcing y personal para eventos. La mayoría de los usuarios del proyecto llegan a este por eventos empresariales, seguido de las personas que asisten a el gimnasio y en tercer lugar por las personas que asisten a las diferentes escuelas de formación.

2.6 ESTADO DEL ARTE

A través del paso del tiempo se ha ido incrementando el interés no solo en la sostenibilidad medio ambiental sino también en la calidad ambiental interior, a nivel mundial se hizo una evaluación de los países más sostenibles, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: eficiencia en energía, agua, calidad ambiental y protección del medio ambiente, actualmente los 10 países pioneros en implementación de estrategias de sostenibilidad son: [16]

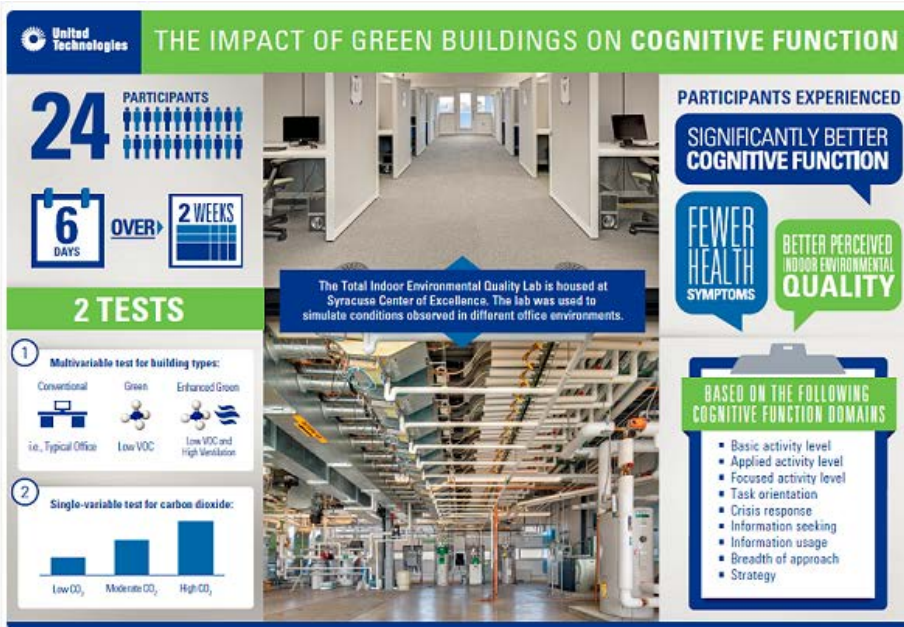


Como podemos observar Europa es el lugar donde más se aplica y se produce contenido sobre sostenibilidad, es este caso gran parte de los documentos que se han consultado, son de ese continente; España, por ejemplo, aunque no está dentro de los países más sostenibles, si produce contenido sobre IEQ y el interés en el tema también se ve reflejado en las normativas que tienen sobre IEQ.

Estados Unidos es un país que genera mucho contenido de sostenibilidad, por algo es el país donde se creó LEED, las Universidades como Harvard se han preocupado por hacer estudios en este caso puntual (IEQ) y como afecta un ambiente controlado a sus usuarios, arrojando como resultado mayor rendimiento en las personas que estaban trabajando bajo condiciones más sostenibles.

A continuación, se muestra un ejemplo tomado de la Universidad de Harvard donde realizaron un estudio con 24 personas a las cuales se sometió a tres escenarios distintos, primer escenario no se aplicaban estrategias para control de la calidad ambiental interior, segundo escenario se aplicaron algunas estrategias para mejorar el IEQ del espacio donde se realizó el caso de estudio y tercer caso se implementaron todas las estrategias de IEQ posibles para el espacio donde se realizó el ejercicio. Ver resumen imagen 4 Impacto de los edificios verdes en los usuarios.

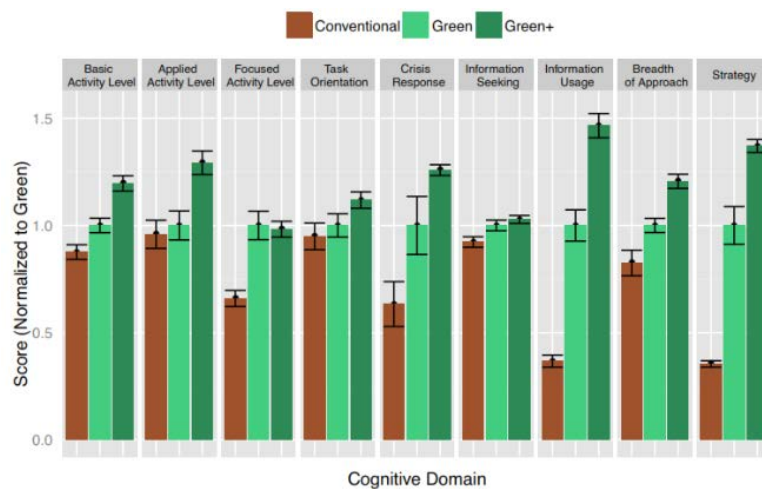
Imagen 4 Caso de estudio Harvard



Fuente: <http://www.eechile.cl/la-importancia-la-calidad-ambiental-interior-rendimiento-laboral/>

El estudio se enfocó en medir la relación que existe entre mejorar las condiciones de IEQ con los efectos en el rendimiento de los usuarios, básicamente en tres puntos: ventilación, concentración de contaminantes y concentración de CO₂, como se observa en la gráfica a medida que afectaron positivamente estos tres factores, el rendimiento de las personas objeto del estudio aumento. [17]

Imagen 5 Impacto de los edificios verdes en los usuarios



Fuente: <http://www.eechile.cl/la-importancia-la-calidad-ambiental-interior-rendimiento-laboral/>

3 METODOLOGÍA

3.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO

Introducción a la sostenibilidad y a la metodología LEED, recolección de información, visitas de campo para recolección, revisión y análisis de información, búsqueda de fuentes relacionadas con el tema seleccionado, elaboración de encuestas, toma de medidas en sitio, tabulación de encuestas y medidas, análisis de los resultados y en paralelo redacción del documento, revisión del avance por parte de asesores y reuniones con los coordinadores de la investigación, presentación del documento final de proyecto.

3.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Esta investigación se va a realizar sobre: la evaluación de continuidad y costo en dos estrategias de IEQ a las cuales aplico el edificio el Cubo, ventilación aumentada y luz natural y vista, esto se logrará por medio de: análisis de parámetros iniciales de diseño, visitas a campo para comprobación de la continuidad de las estrategias, medición por medio de equipos especializados (anemómetro, luxómetro y sonómetro), elaboración de encuestas con parámetros sostenibles, con la obtención de todos estos datos se podrá establecer la línea base para los diferentes escenarios que se puedan presentar, haciendo una revisión de costos actuales de funcionamiento por ejemplo en consumos de energía, costos previstos de implementación de nuevas estrategias (esto se lograra por medio de cotizaciones) y costo de funcionamiento de las mismas para realizar una comparación entre dos los escenarios.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de muestra para el edificio el Cubo incluirá: empleados fijos, personas que usan los servicios del proyecto (canchas, salas de lectura, piscina, gimnasio, etc.), outsourcing, entre otros; en el numeral 2.5 marco demográfico, se hace referencia a la capacidad ocupacional del edificio el Cubo, esta capacidad aproximada es de 81.000 personas al mes, de esta cifra de personas se

obtendrá la población de muestra, de dicha población los empleados corresponden al 7.18% aproximadamente, en este caso puntual en este porcentaje de población estará concentrado el estudio de los dos créditos a evaluar, el 100% de la población la completan los usuarios ocasionales y/o frecuentes del proyecto los cuales corresponden a el 92.82% aproximadamente, estas cifras fueron obtenidas gracias a la información suministrada al equipo de investigación, en reuniones sostenidas en el edificio el Cubo con los encargados de la parte administrativa del proyecto.

3.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Dentro de las principales limitaciones para desarrollar el proyecto encontramos:

- Desplazamientos a el lugar de estudio en horas laborales para realizar mediciones, encuestas, toma de imágenes y verificación de las estrategias en sitio.
- Acceso restringido a detalles relacionados a la ejecución y costo del proyecto, plan de operación y mantenimiento y sus costos.
- Corto tiempo para ahondar en el tema por el cronograma previamente establecido para la especialización.

4 PRODUCTOS A ENTREGAR

El presente proyecto se concibió con el objetivo de “Evaluar las estrategias de IEQ de ventilación aumentada y luz natural y vista, aplicadas en el edificio El Cubo de Colsubsidio certificado en categoría Gold por el sistema LEED, versión 2.2 para verificar su continuidad y costo a través del tiempo”, en este orden de ideas fue necesario realizar un diagnóstico del sitio, en este caso el Cubo de Colsubsidio, para comprobar si efectivamente los parámetros con los cuales se planteó el diseño inicial del proyecto en el capítulo de calidad ambiental interior, específicamente en el crédito de Ventilación aumentada y Luz natural y vista al 75% de los espacios, se siguen cumpliendo, para ello se determinó que era necesario realizar unas mediciones y encuestas en el sitio para saber qué tan conforme están los empleados que son usuarios permanentes del edificio.

A continuación, se mostrarán las encuestas utilizadas para el cumplimiento del fin mencionado con anterioridad y en el capítulo 5 del presente documento se mostrará en detalle el análisis de los resultados obtenidos.

En primer lugar, tenemos la encuesta realizada para revisar la generalidad de los puntos aplicados en el edificio bajo los parámetros de LEED, para elaborar el esquema de encuesta se utilizó como base el modelo o los parámetros dados por la ASRAE (American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers) los cuales promueven el bienestar humano por medio de tecnología sostenible. Por pertinencia con el tema de investigación solo se tomaron las preguntas hechas en el punto 5 y el punto 7 de la encuesta, pero la encuesta completa se podrá observar en los anexos de este proyecto.

Imagen 6 Encuesta ambiente térmico

E2 AMBIENTE TÉRMICO Encuesta de satisfacción

1. Marque con una "x" la zona donde pasa la mayor parte de su tiempo.



Planta de cubiertas "El Cubo" de Colsubsidio
Fuente: <https://www.archdaily.co>

2. A. ¿En qué piso del edificio se encuentra si espacio de trabajo?

☐ Primero ☐ Segundo ☐ Tercero ☐ Cuarto
☐ Quinto ☐ Sexto

- B. ¿En qué espacio del edificio se encuentra su lugar de trabajo?

☐ Parqueadero ☐ Autoservicio
☐ Café 1. ☐ Café "Las letras"
☐ Recepción piso 2 ☐ Oficinas
☐ Jardín niños ☐ Bolera
☐ Gym ☐ Piscina (afuera)
☐ Piscina (Zona adentro)

3. ¿Su espacio de trabajo está cerca de una pared exterior? (A menos de 4.50 metros)

☐ Sí
☐ No

4. ¿Su espacio de trabajo está cerca de una ventana? (A menos de 4.50 metros)

☐ Sí
☐ No

5. ¿Cuál de los siguientes elementos cree que se debe ajustar o controlar personalmente en su espacio?

☐ Persianas o cortinas

Fuente: Elaborado por el autor

- ☐ Aire acondicionado
- ☐ Calentador portátil
- ☐ Calentador permanente
- ☐ Puerta a espacio interior
- ☐ Puerta a espacio exterior
- ☐ Salida de aire ajustada en el techo
- ☐ Ventilador de techo
- ☐ Salida de aire de piso (Difusor)
- ☐ Abanico portátil
- ☐ Termostato
- ☐ Ventana operable
- ☐ Otro: _____

Por favor responda las siguientes preguntas según su experiencia global o promedio los últimos 6 meses.

6. ¿Qué tan satisfecho está usted con la temperatura en su espacio?

Muy Insatisfecho ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muy satisfecho

7. Si no está satisfecho con la temperatura en su espacio, ¿cuál de las siguientes opciones genera la insatisfacción?

- A. La temperatura en mi espacio es:

☐ Siempre es muy caliente
☐ A menudo es muy caliente
☐ De vez en cuando es caliente
☐ De vez en cuando es muy frío
☐ A menudo es muy frío
☐ Siempre es muy frío

- B. ¿Cuándo es más frecuente el problema?

☐ En la mañana (antes de las 11am)
☐ Al medio día (11 am a 2 pm)
☐ En la tarde (2 pm a 5 pm)
☐ Noche (después de las 5 pm)
☐ Fines de semana y festivos
☐ Lunes en la mañana
☐ Ningún momento en particular

Se seleccionaron estos puntos por su relación directa con la iluminación y la ventilación dentro del edificio, las conclusiones obtenidas se mostrarán en el siguiente capítulo y de ser el caso servirán de soporte para la propuesta de mejoramiento que se plantee al edificio el Cubo.

Para poder determinar el comportamiento del edificio a lo largo del día se estableció que los horarios de medida serían 6:00am, 8:00am, 10:00am, 12:00 m, 4:00 pm, 6:00 pm y 8:00 pm,

adicional a eso se determinaron las áreas de medición según se consideró en el grupo de investigación al cual se articula el presente proyecto eran las áreas más importantes (oficinas, sala para niños, bolera, gimnasio, restaurante, cafetería de autoservicio, piscina, cancha múltiple y cancha de fútbol).

A continuación, se muestra la tabla en la cual fueron consignados los datos tomados en sitio, con la ubicación del espacio y el horario:

Imagen 7 Registro toma de datos

Fuente: Elaborado por el autor

Para realizar las mediciones y obtener los resultados registrados en la tabla previamente presentada, se utilizaron tres (3) equipos:

Luxómetro, con este equipo se midió la intensidad de la luz en el espacio, más exactamente los lúmenes en una superficie o espacio de trabajo en este caso se esperaba que los datos de medición arrojaran información sobre la cantidad de luz en los espacios, especialmente para este documento se hace relevante conocer si la cantidad de lúmenes en las oficinas son los adecuados o no y en referencia con los requisitos establecidos en el crédito de LEED versión 2.2.

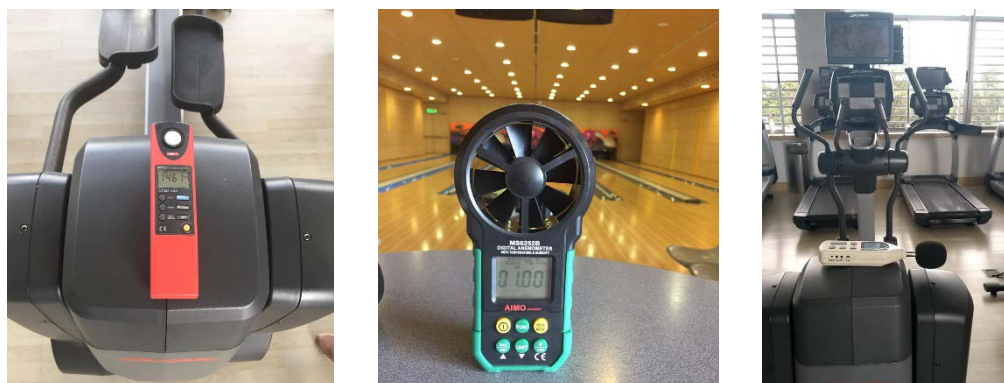
Anemómetro, este equipo mide la temperatura del espacio, la humedad y la velocidad del viento. Las medidas resultado de este equipo permitieron verificar si la ventilación de diseño para los espacios continuaba siendo la misma, en ese orden de ideas este aparato también permitió ver correlación entre ventilación y temperatura del espacio, estas en términos de si aumenta, se mantiene o baja la temperatura en relación con la ventilación, lo cual es importante conocer y contrastar con la encuestas de percepción de las personas frente a su confort térmico.

Sonómetro, este equipo permitía medir en decibeles la cantidad de sonido o ruido que había en los espacios que se determinaron para estudio. Esta medición se realizó pues dentro de la calidad ambiental interior este es un punto para evaluar, dependiendo de la cantidad de ruido que haya en un espacio el usuario puede estar con un mayor grado de comodidad y hacer que baje o aumente su rendimiento, estos niveles aumentarían o disminuirían con relación a el tipo de actividad que se realice en el espacio en medición.

Este último se describe aun cuando no se hizo relevante los resultados de este para el desarrollo del presente documento, pero si lo fue para otros proyectos y por eso se menciona para que se tenga un contexto general de lo que se realizó.

Como se mencionó previamente, la toma de todas estas mediciones sirvió para cumplir dos objetivos principales, primero revisar el comportamiento del edificio a lo largo del día y segundo verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en el crédito ventilación aumentada y luz natural y vista de LEED versión 2.2.

Imagen 8 Equipos de medición, Luxómetro, Anemómetro y Sonómetro en su orden



Fuente: Elaborado por el autor

Por otra parte, como se señaló anteriormente, en el sitio de estudio se realizaron dos encuestas, la segunda encuesta se realizó con el fin de validar como se sentían los usuarios en relación con el crédito de iluminación, el cual como se ha mencionado es uno de los créditos a evaluar. A continuación, se muestra el formato de la encuesta:

Imagen 9 Modelo encuesta iluminación



ENCUESTA ILUMINACION OFICINAS

Punto en el tiempo de estudio

Marque con una "x" la respuesta que mejor describa su situación.

1. ¿Aproximadamente cuánto tiempo pasa al día sentado?
☐ Menos de 2 horas ☐ 2 horas ☐ 4 horas
☐ 6 horas ☐ 8 horas ☐ Más de 8 horas
2. ¿Considera que requiere más iluminación en el espacio en el que trabaja?
☐ Sí ☐ No
 Si su respuesta es sí por favor especifique en el horario _____

3. ¿En su espacio de trabajo hay lámparas fundidas o dañadas?
☐ Sí ☐ No
4. ¿Siente usted que la luz que llega a su espacio de trabajo le impide ver bien? Sombras, reflejos, entre otros
☐ Sí ☐ No
5. ¿Puede usted regular la cantidad de luz natural?
☐ Sí ☐ No
 Si su respuesta es sí por favor especifique con que elemento _____
6. ¿Al finalizar su jornada laboral siente los ojos cansados?
☐ Sí ☐ No

Fuente: Elaborado por el autor

Los resultados de las encuestas y las mediciones realizadas en sitio arrojaron unos resultados, los cuales después de hacer un análisis permitieron detectar una oportunidad de mejora la cual será soportada con los resultados que se mostraran en el siguiente capítulo.

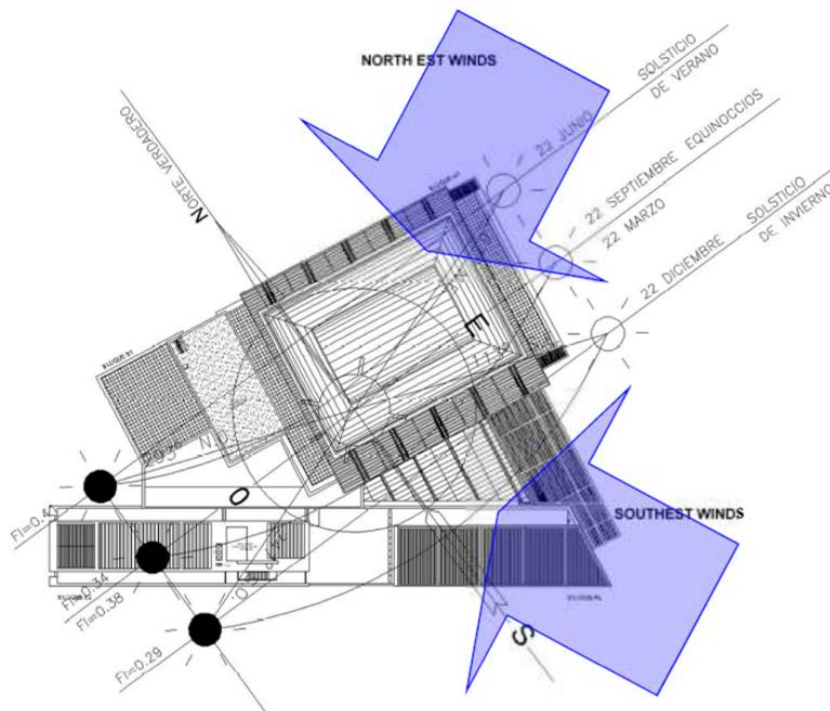
5 ENTREGA DE RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTOS

En primer lugar, se muestra la revisión de las estrategias utilizadas al momento del diseño del proyecto con el cual se certificó el edificio como LEED Gold en versión 2.2 el edificio el Cubo, puntualmente en los créditos de Ventilación aumentada y Luz natural y vista, para poder confirmar la continuidad de estas y revisar si tienen alguna oportunidad de mejora para realizar una propuesta.

CRÉDITO 2. VENTILACIÓN AUMENTADA

Desde la concepción del proyecto, se tuvieron en cuenta como determinantes de diseño la asoleación sobre el edificio y los vientos predominantes sobre el lote, en la imagen que vemos a continuación se puede observar lo descrito anteriormente.

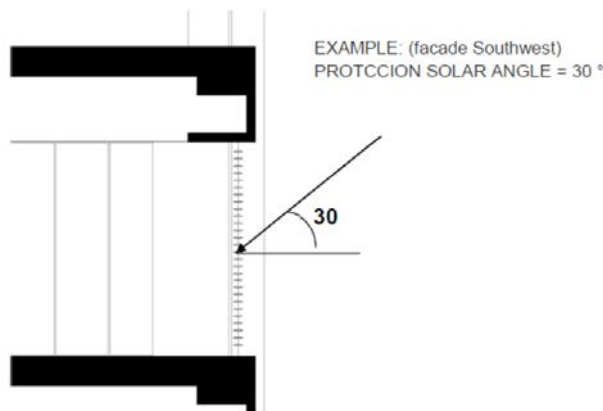
Imagen 10 Asoleación y vientos predominantes en el proyecto



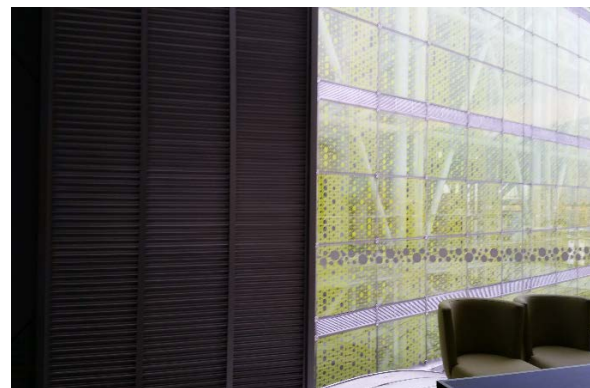
Fuente: Obtenido de los archivos de diseño del proyecto

Puntualmente en cuanto a la ventilación, los vientos predominantes fueron importantes para ubicar los puntos de ventilación del edificio, estos fueron planteados en la zona nororiental del edificio para permitir el ingreso de aire frío al interior del edificio esto se logra por medio de una presión positiva, en la fachada sur por el sentido de los vientos predominantes se genera una presión negativa la cual genera un efecto de succión dentro del aire interno del edificio, esto permite que haya un intercambio de aire, se renueve constantemente y el interior se encuentre en confort, parte de los elementos que componen el sistema de ventilación son unas rejillas en sentido horizontal y vertical las cuales permiten el ingreso o salida del aire del proyecto y a su vez por la ubicación de los elementos horizontales de la rejilla brindan un ángulo de protección solar, en la imagen siguiente vemos el planteamiento de diseño y una foto de la rejilla tomada en sitio.

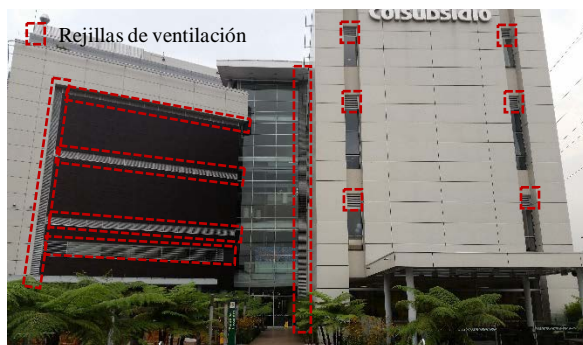
Imagen 11 Rejillas de ventilación



Fuente: Obtenido de los archivos de diseño del proyecto



Fuente: Elaborado por el autor



Fuente: Elaborado por el autor

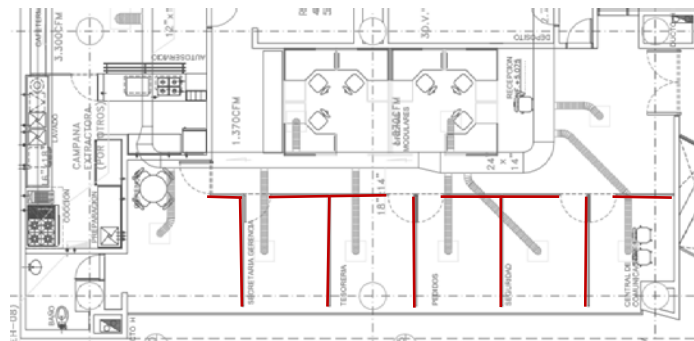


Fuente: Elaborado por el autor

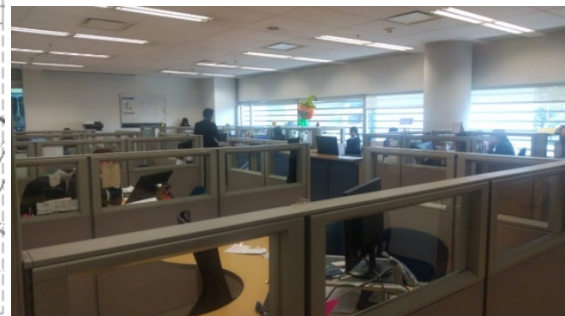
Revisando puntualmente la ventilación planteada para el bloque de oficinas se puede observar

que la estrategia a la fecha se conserva como fue planteada, lo que si cambio fue la disposición interna del lugar, pues en este momento funciona como un solo espacio y en el diseño se pensó como oficinas separadas por cubículos cerrados esto lo podemos observar en el plano y las fotos siguientes, los espacios de las oficinas son refrigerados por medio del aire natural obtenido por las rejillas en fachadas, se puede considerar que las oficinas al tener una distribución diferente a la planteada inicialmente puede estar recibiendo una cantidad mayor de aire frio lo cual hace que la temperatura en esta zona baje más de lo deseado.

Imagen 12 Planta de distribución de aire en oficinas y distribución actual oficinas



Fuente: Obtenido de los archivos de diseño del proyecto



Fuente: Personal administrativo El Cubo

CRÉDITO 8.1 LUZ NATURAL Y VISTA

En la versión 2.2 de LEED en la cual se certificó el edificio el Cubo para aplicar a el punto otorgado por este crédito se debía tener luz natural en el 75% de los espacios, teniendo esto como punto de partida en el diseño se implementó la mayor relación posible con el exterior teniendo en cuenta las restricciones por uso según las áreas.

Como parte fundamental de la implementación del vidrio en las fachadas del proyecto se utilizó una película de protección, esta película de puntos amarillos característicos de la fachada del edificio no solo aporta un elemento estético también ayuda a restringir la cantidad de luz que entra al espacio, haciendo que la luz interior no sea excesiva y sea homogénea.

Imagen 13 Porcentaje de luz natural en los espacios

LEED-NC
LEED-NC 2.2 Submittal Template
EQ Credit 8.1: Daylight & Views, Daylight 75% of Spaces

(Responsible Individual) **Edgar Solano** from (Company Name) **Construcciones Planificadas**
I verify that the information provided below is accurate, to the best of my knowledge.

CREDIT COMPLIANCE
Please select the appropriate compliance option(s).

☒ Option 1: Glazing Factor Calculation
☐ Option 2: Computer Simulation
☐ Option 3: Daylight Measurements

OPTION 1: GLAZING FACTOR CALCULATION
Complete the Daylight Calculation below using the results highlighted in red from section 1.0 Glazing Factor Calculation from the EQC8 Supporting Calculator Template

Total Regularly Occupied Space Area (square feet): **60,886.00**

Total Regularly Occupied Space Area with a Minimum 2% Glazing Factor (square feet): **50,144.00**

Percentage of Regularly Occupied Space with a 2% Glazing Factor **82.36** %
(Percentage of Regularly Occupied Space with a 2% Glazing Factor must equal at least 75% to qualify for credit EQ8.1.)

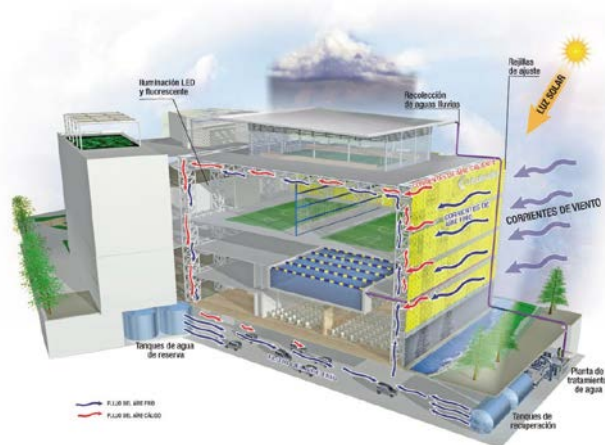


Fuente: Obtenido de los archivos de diseño del proyecto

Fuente: <https://www.colsubsidio.com/afiliados/recreacion-y-deportes/clubes>

Para el proyecto fueron diseñados aproximadamente 14.211 m² de ventanas (estos datos fueron tomados del cuadro de ventanas del proyecto), a la fecha la fachada del edificio no ha sido modificada y se sigue cumpliendo con el 82% de luz natural y vista. En el siguiente esquema podemos ver una parte de cómo funcionan las dos estrategias mencionadas previamente.

Imagen 14 Esquema de ventilación e iluminación



Fuente: <http://www.ferchotorres.com/>

Por medio de visitas al lugar de trabajo se fueron evaluando las dos estrategias de Calidad Ambiental Interior IEQ, las cuales son iluminación natural y vista al 75% y ventilación aumentada. Después de hacer una revisión de estos dos créditos en sitio, se puede determinar que a la fecha

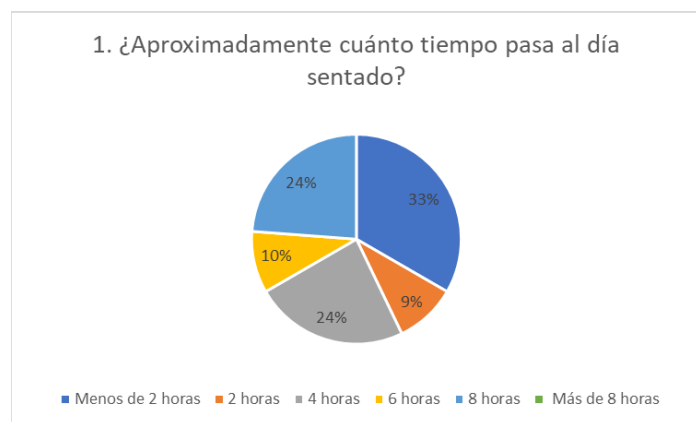
estos dos créditos se siguen implementando como se plantearon desde el principio.

RESULTADO DE ENCUESTAS PARA VERIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN DISEÑO

Adicional a la revisión realizada en sitio como se mencionó en el capítulo anterior, se hicieron unas encuestas los cuales se muestran a continuación, estos resultados servirán de soporte para dar un diagnóstico sobre las estrategias de ventilación aumentada y luz natural y vista, comprobar si se siguen aplicando, si han tenido cambios o no y si es necesario implementar una nueva estrategia que ayude a generar confort dentro del edificio, teniendo como parámetro principal que sean una solución amigable con el medio ambiente.

A continuación, se mostrarán los resultados de las encuestas y la pertinencia en este trabajo de grado, en primer lugar, se mostrarán los resultados de la encuesta de iluminación la cual se hizo puntualmente por la relación con el crédito de Luz natural y vista.

Imagen 15 Primera pregunta encuesta iluminación



Fuente: Elaborado por el autor

De la anterior gráfica, se deduce que el porcentaje de personas que están 8 horas sentadas, son usualmente los empleados de oficinas, estas personas reflejan un porcentaje del 24%, que aunque no es el principal, si es importante para el presente documento pues son las personas

con mayor permanencia en las instalaciones del cubo y son las que pueden ayudar a establecer el cambio de iluminación y ventilación en las diferentes horas día, todo lo contrario a las personas que reflejan el mayor porcentaje de participación, las cuales son las que duran menos de dos horas sentadas, a este grupo lo podríamos llamar transeúntes internos, pues están en constante cambio de lugar de trabajo y por dicha razón no establecen un parámetro claro sobre la sensación de la ventilación e iluminación pues esta es diferente según el espacio en el que trabaje.

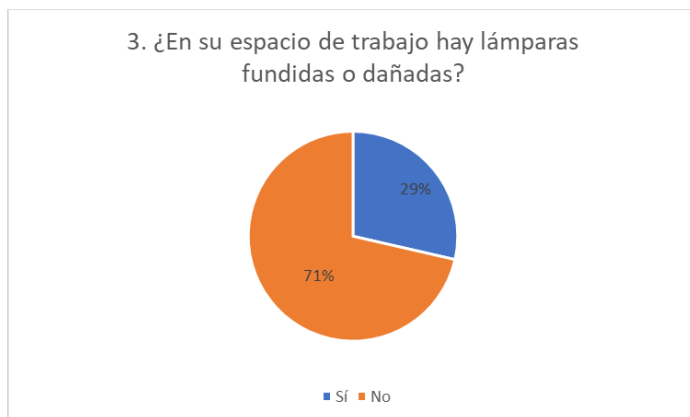
Imagen 16 Segunda pregunta encuesta iluminación



Fuente: Elaborado por el autor

El resultado de esta pregunta nos indica que la mayoría de los empleados del Cubo considera que la iluminación de su sitio de trabajo es buena y por tanto no requiere implementar un cambio en cantidad o en especificación del tipo de iluminaria utilizada hasta el momento en la mayoría de los espacios del Cubo, pero en cuanto al 17% restante que manifiesta necesitar mayor cantidad de luz en su espacio de trabajo, identificamos que están ubicados en espacios puntuales dentro del edificio, esos puntos están ubicados en el sótano de parqueadero pues no cuenta con iluminación natural y la artificial en algunas zonas es más baja de lo ideal. Por esto se propone hacer un cambio en las especificaciones de las luminarias del sótano de parqueaderos.

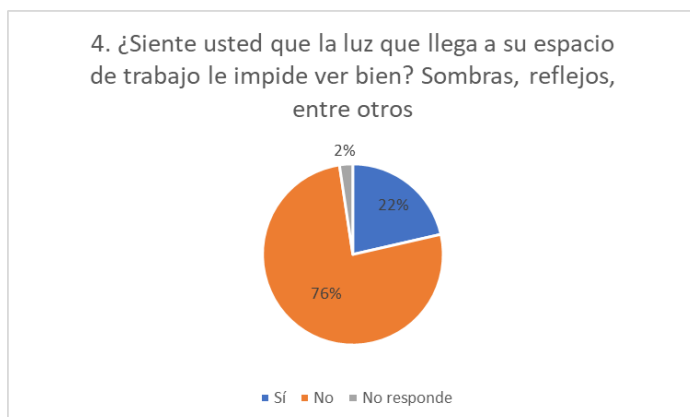
Imagen 17 Tercera pregunta encuesta iluminación



Fuente: Elaborado por el autor

Esta pregunta se planteó como complemento a la pregunta anterior y aunque en la mayoría de los espacios los empleados manifiestan que la iluminación está en buen estado, el 29% manifiesta que hay iluminación que no funciona en su espacio de trabajo y esa parte de la población de muestra también puede estar relacionada con aquella que manifiesta le hace falta iluminación en su lugar de trabajo, en este caso el área encargada de operación y mantenimiento puede mejorar las condiciones del espacio haciendo una intervención muy pequeña.

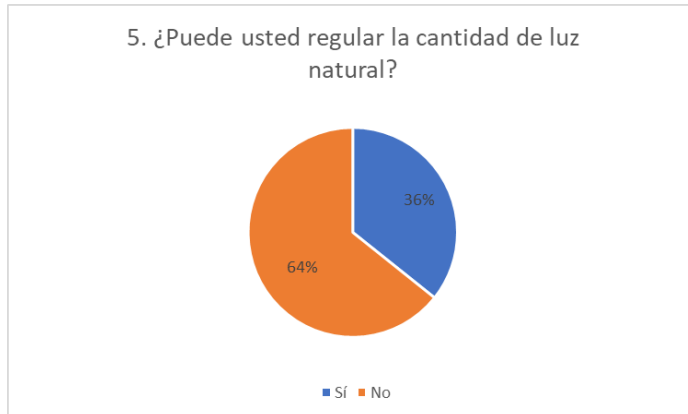
Imagen 18 Cuarta pregunta encuesta iluminación



Fuente: Elaborado por el autor

Por medio de esta pregunta se confirma que la iluminación existente es adecuada para la mayoría de las zonas de trabajo, esta iluminación casi en la totalidad de los casos es la misma que se diseñó e implementó desde el inicio del proyecto, funciona, es adecuada y no afecta los lugares de trabajo con sombras o reflejos, que generen incomodidad para ejercer sus labores.

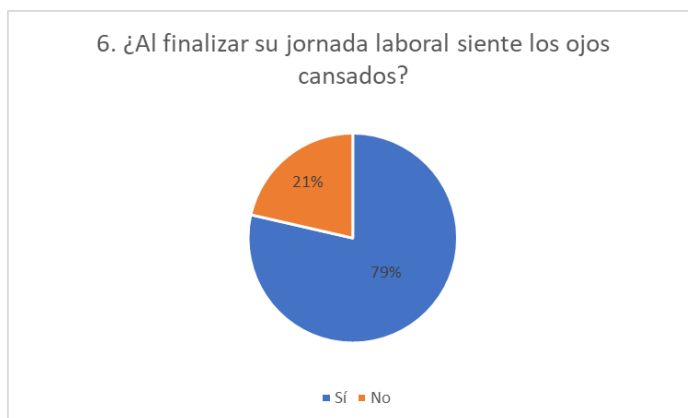
Imagen 19 Quinta pregunta encuesta iluminación



Fuente: Elaborado por el autor

Esta pregunta se realizó como complemento de la pregunta número 4, pues si el usuario tiene algún elemento con el cual pueda generar control sobre la luz que llega a su punto de trabajo puede evitar tener sombras o reflejos que lo incomoden y dificulten realizar sus tareas diarias, el 36% de las personas que cuentan con elementos como cortinas o blackout para controlar la iluminación están ubicados en las oficinas y cómo podemos observar el 64% restante de las personas encuestadas no tienen control sobre la iluminación que llega a su espacio de trabajo, en casos como el parqueadero como se explicó anteriormente, en este momento no hay forma de generar mayor o menor iluminación en esta área, es por eso que se hace relevante incluir esta área en la propuesta de oportunidad de mejora del edificio el Cubo.

Imagen 20 Sexta pregunta encuesta iluminación



Fuente: Elaborado por el autor

Esta pregunta se hizo con el fin de crear una relación entre las preguntas anteriores de iluminación y la ventilación, esto a su vez lo podemos relacionar con la calidad del aire interior, en este caso la mayoría de las personas al terminar su jornada tiene los ojos cansados, teniendo en cuenta que según los usuarios la iluminación y la ventilación en la mayoría de los espacios de trabajo es adecuada, se podría pensar en otro tipo de justificaciones para la respuesta negativa de los usuarios a esta pregunta, temas como los productos de limpieza utilizados en el Cubo, problemas en la salud visual, fatiga física entre otras razones.

Como se mencionó en el capítulo anterior, adicional a la encuesta puntual de iluminación, se elaboró una encuesta general que buscaba revisar varios aspectos de LEED, en este caso por la pertinencia con este trabajo de grado solo se traen a colación dos preguntas.

Poniendo en contexto las dos preguntas que se traen a colación, en esa parte de la encuesta se le pregunto a los usuarios, en cual zona estaba ubicado su lugar de trabajo, si tenían relación con paredes exteriores o ventanas y si estaban conformes o no con la temperatura de su lugar de trabajo. Primera pregunta:

Imagen 21 Encuesta general pregunta 5



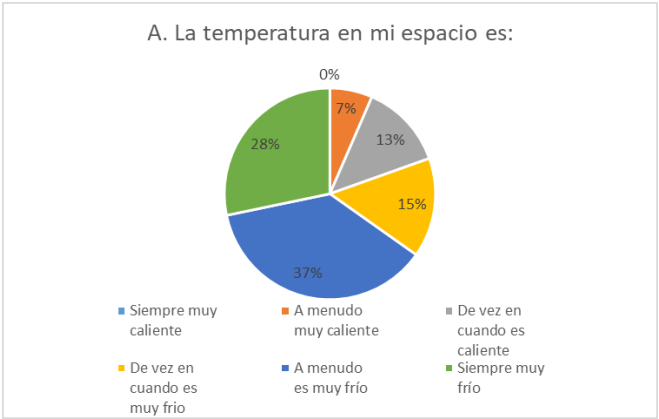
Fuente: Elaborado por el autor

Después de analizar los resultados de esta pregunta, se pudo evidenciar que el problema para los usuarios es el frio, la mayoría de los usuarios coinciden en que deberían tener sistemas de

calefacción portátil o permanente para mitigar el frio que sufren a lo largo de su jornada laboral.

La segunda pregunta se divide en dos, pues relaciona lo que considera el usuario como el generador de un problema con la temperatura y el horario en el cual esa situación más frecuente.

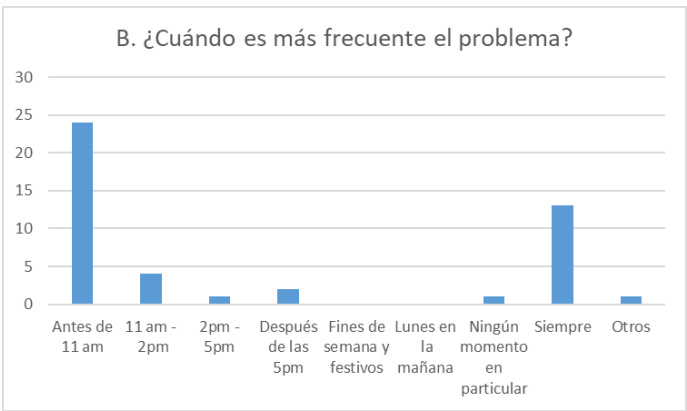
Imagen 22 Encuesta general pregunta 7 a)



Fuente: Elaborado por el autor

La mayoría de los usuarios consideran que regularmente su espacio de trabajo es muy frio, de hecho, si se suman el porcentaje de personas que consideran que de vez en cuando es frio, a menudo es muy frio y siempre es muy frio, obtendremos un 80% de la población encuestada, es por eso que es tan importante implementar estrategias de control de la temperatura en este proyecto.

Imagen 23 Encuesta general pregunta 7 b)



Fuente: Elaborado por el autor

En este caso la mayoría de los usuarios opinan que la mañana es el momento en el cual más frío tienen dentro del edificios, seguido de las personas que opinan que el frío es constante a lo largo del día, esta pregunta nos ayuda a plantear dos escenarios dentro de la oportunidad de mejora del Cubo, se puede plantear una opción en la cual se haga manejo de temperatura en las mañanas y la segunda opción es que se haga un tratamiento durante todo el día.

El resultado de las dos preguntas anteriores es muy importante pues si bien es cierto que el edificio cumple con los parámetros establecidos por la versión 2.2 de LEED y a la fecha las estrategias diseñadas y construidas se siguen implementando, los usuarios no se encuentran en confort, es por eso que se toman los resultados de las encuestas realizadas a los empleados, como punto de partida para proponer a el edificio el Cubo un sistema de calefacción el cual permita que sus empleados tengan una temperatura más cálida la cual los lleve a estar en confort, teniendo en cuenta una parte puntual de los referentes del marco teórico, donde señalan la estrecha relación que existe entre el rendimiento, la productividad y la eficiencia laboral, se plantea esta propuesta como una opción que pueda beneficiar el rendimiento de los empleados del Cubo, esto a su vez también podría llegar a generar una disminución del ausentismo laboral por enfermedades comunes como resfriados.

PROPUESTA SISTEMA DE CALEFACCIÓN RADIANTE.

Como se mencionó previamente después de analizar la respuesta de las encuestas se determinó que una forma de ayudar a el confort del edificio es por medio de la implementación de un sistema de calefacción, en este caso después de hacer una búsqueda de opciones para implementar un sistema el cual sea fácil de instalar, con poco mantenimiento, bajo consumo de energía y no produce emisiones o residuos durante su funcionamiento para que sea amigable con el medio ambiente y la inversión no sea elevada para este caso se seleccionó el sistema de placas radiantes que se describe a continuación.

Funcionamiento del sistema de calefacción panel radiante.

El funcionamiento del sistema de placas radiantes de air Temp de la firma kharaghani home, trabaja por medio de radiación infrarroja. La emisión de radiación hacia los demás elementos que se encuentren en ese espacio hace que estos reciban radiación calórica, calentando tanto el espacio como, los elementos que se encuentren en él.

La empresa de la cual se obtuvo la opción para seleccionar el sistema de placas cuenta con tres tipos. El primer tipo es placa a la vista color blanco brillante, segundo tipo placas color blanco mate y por último las placas invisibles las cuales se pueden instalar en muros o techo y no quedan a la vista. Para este caso se seleccionó el primer tipo de placa blanca a continuación se muestran unas imágenes de como se ve el sistema instalado.

Imagen 24 Sistema de calefacción por placas

PLACA BRILLANTE



Fuente: <https://kharaghani.com/calefaccion/placas-calefaccion/>

PLACA MATE



Requerimientos del sistema. Como funciona el montaje, que beneficios trae.

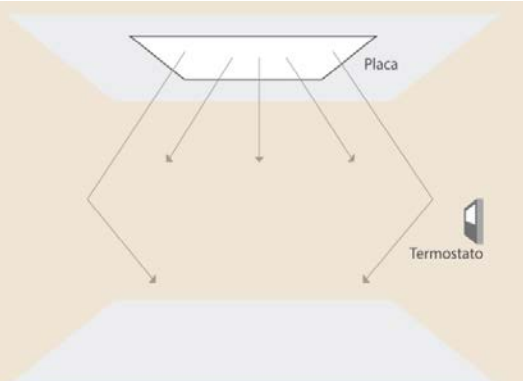
El sistema funciona por medio de electricidad, cada placa requiere un punto eléctrico y este estará conectado a un termostato desde donde se controlará su funcionamiento. Las placas dependiendo del espacio se pueden, conectar en grupos, sin embargo, cada panel necesitara su punto eléctrico independiente.

Las placas seleccionadas cubren un área de 12 m², tiene un consumo de 950w, una dimensión de 1.2 x 0.80 m y un peso de 6 kg, estas características convierten al sistema anclado a techo en una buena opción, pues no tiene mayores implicaciones en la carga muerta generada sobre la placa del edificio y su consumo de energía es bajo. Las placas se pueden montar fácilmente sobre un cielo raso y en dado caso de necesitar la revisión de un técnico, el acceso a este será de fácil.

El termostato de estas placas se puede ajustar para generar radiación en el espacio durante periodos de tiempo determinados, teniendo en cuenta que según las encuestas una de la horas críticas es la mañana el sistema se podría programar para funcionar en esa franja horaria, esto hace que el sistema sea adecuado para las necesidades del lugar, pues tiene la posibilidad de calentar el espacio en el momento que se desee y bajo las necesidades específicas de calefacción que se tengan dependiendo de las personas que estén utilizando el espacio en un momento determinado.

Imagen 25 Especificaciones del sistema

Especificaciones técnicas:			
	Invisible	Brillante	Mate
Medidas	120 x 70 x 2 cm	120 x 80 x 2 cm	120 x 61 x 2 cm
Potencia	950 w	950 w	750 w
Cobertura	10 - 12 m ²	10 - 12 m ²	8 - 10 m ²
Peso		6 kg	4.5 kg



Fuente: <https://kharaghani.com/calefaccion/placas-calefaccion/>

Teniendo claro el sistema que se quiere proponer, se hace un cálculo del costo de la implementación del sistema y su consumo de energía. Para un espacio de 116 m² (área aproximada de las oficinas) se requerirían teóricamente 10 placas de 950w de potencia y se distribuirían tentativamente como se muestra en la siguiente imagen.

Fuente: Elaborado por el autor

Imagen 27 Parámetros para cálculo de consumo y cálculo consumo de energía sistema de placas

Fuente: Elaborado por el autor

Imagen 28 Cotización implementación del sistema

ITEM	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
PLACA DE 1,20 X 0,90 220V 950W	10	\$ 1.705.172	\$ 17.051.720
TERMOSTATO PARA CONTROL	2	\$ 530.000	\$ 1.060.000
INSTALACION Y PROGRAMACION	10	\$ 245.000	\$ 2.450.000
SUBTOTAL			\$ 20.561.720
IVA 19%			\$ 3.906.727
TOTAL COTIZACION SISTEMA			\$ 24.468.447

Fuente: Elaborado por el autor

Con la implementación del sistema se logra subir la temperatura del espacio entre 3° y 4°, en nuestro caso teniendo en cuenta que la temperatura media de las oficinas en el horario critico es de 18.5° según las mediciones realizadas (ver la siguiente tabla con la compilación de medidas), podríamos confirmar que con la implementación de la estrategia se lograría llegar a la temperatura de confort, la cual según los parámetros establecidos por el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificaciones) se encuentra entre los 20° y los 23° [18].

Imagen 29 Tabulación medida de temperatura

TABULACION MEDIDAS TEMPERATURA OFICINAS EL CUBO						
HORA	20 DE AGOSTO	21 DE AGOSTO	22 DE AGOSTO	23 DE AGOSTO	24 DE AGOSTO	PROMEDIO
6:00	16,4	18,4	18,5	19,6	18,0	18,18
8:00	17,0	19,0	19,0	20,0	19,2	18,84
10:00	18,9	20,8	19,6	20,6	20,0	19,98
12:00	19,8	22,5	20,0	21,5	20,2	20,8
16:00	21,8	23,3	23,0	23,5	23,0	22,92
18:00	20,7	19,7	22,7	22,6	21,1	21,36
20:00	20,5	19,0	21,6	19,0	20,8	20,18
TEMPERATURA PROMEDIO DIA						20,32

Fuente: Elaborado por el autor

PROPUESTA CAMBIO DE ILUMINACION EN SOTANO DE PARQUEADERO

Uno de los resultados obtenidos con las visitas a sitio y las encuestas realizadas es la inconformidad con la iluminación actual que tiene el sótano de parqueadero, es por esto que se revisó la cantidad y tipo de iluminación implementada en esta zona y se pudo terminar que se podía plantear una opción de mejora para esta zona, la cual se compone de cambiar las luminarias existentes en este momento las cuales son fluorescentes por iluminación led que cumpla la misma funciones pero con características diferentes que permitan disminuir el consumo actual.

En la siguiente tabla se hace un cálculo de los consumos actuales aproximados en parqueadero según la iluminación, los ítems subrayados con amarillo son las luminarias que concentran el mayor consumo y las cuales se busca optimizar con este ejercicio, en esta tabla se hace un cálculo de consumo por hora, después por día de dieciséis (16) horas en este punto se tuvo en cuenta el horario de atención del edificio el Cubo el cual es de 6 am a 10pm, después se multiplico por los 30 días del mes y finalmente por los 12 meses del año, esto multiplicado por \$520 pesos mcte que cuesta en promedio un KW/H en Bogotá para un uso de oficinas nos da un total de \$49.040.127 pesos mcte, cifra aproximada de pago por la energía utilizada para iluminar el sótano 1 del parqueadero en un año, este va a ser el caso base o punto de partida para elaborar la propuesta de oportunidad de mejora.

Imagen 30 Calculo consumo actual iluminación parqueadero

				VALOR KWH	\$ 520
PISO ANALISIS	REFERENCIA	CANTIDAD	CONSUMO W/ UN	CONSUMO TOTAL W/H	CONSUMO TOTAL KW/H
SOTANO 1	BALA LED PISO	30	4	120	0,12
	BALA LED TECHO 2700K	43	7	301	0,301
	TUBO T8 6500K	16	30	480	0,48
	BOMBILLO CDMT -T 35W IHM 39 G IL F	18	39	702	0,702
	2 BOMB. 2542 M2 LD BALASTO ICF 2542 M2 LD	28	32	896	0,896
	TUBO T5 BALASTO 2554-90C-N	257	54	13878	13,878
		392	166	16377	16,377
	CONSUMO KWH/ DIA DE 16 HORAS				262,032
	CONSUMO KWH/ MES				7860,96
	CONSUMO KWH/ AÑO				94331,52
	COSTO KWH/ AÑO				\$ 49.040.127

Fuente: Elaborado por el autor

Teniendo como base las especificaciones de las luminarias utilizadas actualmente en el Cubo, se inicia un proceso de búsqueda de luminarias homologas en versión led para obtener su costo y su consumo, adicional a eso se cotiza la mano de obra de cambio de la iluminación, de esta forma se puede establecer un valor de la inversión inicial.

Imagen 31 Valor cambio de iluminación

COMPRA	REFERENCIA	UND	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	TUBO T8 LED SYLVANIA	UND	16	\$ 9.900	\$ 158.400
	LED PAR38 - 3000 LM	UND	18	\$ 92.400	\$ 1.663.200
	2 BOMBILLOS DE 14W	UND	28	\$ 41.800	\$ 1.170.400
	TUBO T5 LED SYLVANIA	UND	257	\$ 24.900	\$ 6.399.300
INSTALACION	SUBTOTAL COMPRA ILUMINACION				\$ 9.391.300
2	MANO DE OBRA CAMBIO DE LUMINARIAS	UND	319	\$ 4.600	\$ 1.467.400
	SUBTOTAL MANO DE OBRA CAMBIO DE ILUMINACION				\$ 1.467.400
	TOTAL INVERSION CAMBIO DE LUMINARIAS				\$ 10.858.700

Fuente: Elaborado por el autor

A partir de las nuevas referencias de iluminación seleccionadas (subrayadas en azul) se hacen los nuevos cálculos de consumo, esto nos permitirá visualizar cuanto sería el ahorro en energía si se implementa la propuesta y en cuanto tiempo retornaría la inversión después de hacer el cambio de luminarias.

Imagen 32 Nuevo consumo de energía con cambio de iluminación

COMPRA	REFERENCIA	CANTIDAD	CONSUMO W/ UN	CONSUMO TOTAL W/H	CONSUMO TOTAL KW/H
SOTANO 1	BALA LED PISO	30	4	120	0,12
	BALA LED TECHO 2700K	43	7	301	0,301
	TUBO T8 LED SYLVANIA	16	9	144	0,144
	LED PAR38 - 3000 LM	18	30	540	0,54
	2 BOMBILLOS DE 14W C/U	28	28	784	0,784
	TUBO T5 LED SYLVANIA	257	16	4112	4,112
		392	94	6001	6,001
	CONSUMO KWH/ DIA DE 16 HORAS				96,016
	CONSUMO KWH/ MES				2880,48
	CONSUMO KWH/ AÑO				34565,76
	COSTO KWH/ AÑO				\$ 17.969.702

Fuente: Elaborado por el autor

Teniendo como base el consumo de energía anual actual y el consumo de energía proyectado a un año si se implementa el cambio, a simple vista se tendría un ahorro en pago de energía por un valor de \$31.070.426 pesos, a continuación, se presenta el ejercicio de periodo de recuperación y TIR para saber exactamente al cabo de cuánto tiempo recupero la inversión realizada en la implementación de la propuesta de mejora. Para obtener el resultado se tuvieron en cuenta los siguientes datos, gasto mensual actual en energía para esa zona del proyecto, gasto mensual propuesto y ahorro por mes, de esta forma se estableció un flujo de caja y el periodo de recuperación de la inversión es de 4.19 meses como se muestra en la tabla, esto nos indica que

al final del primer año de la operación no solo se ha recuperado la inversión inicial para la puesta en marcha de la mejora sino que también el edificio tiene \$20.211.726 pesos más en caja como resultado de los ahorros generados mes a mes.

Imagen 33 Flujo de caja implementación mejora de iluminación

FLUJO DE CAJA							
PERIODO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	
CONSUMO ACTUAL	\$ 4.086.677	\$ 4.086.677	\$ 4.086.677	\$ 4.086.677	\$ 4.086.677	\$ 4.086.677	
CONSUMO PLANEADO	\$ 1.497.475	\$ 1.497.475	\$ 1.497.475	\$ 1.497.475	\$ 1.497.475	\$ 1.497.475	
AHORRO MENSUAL	\$ 2.589.202	\$ 2.589.202	\$ 2.589.202	\$ 2.589.202	\$ 2.589.202	\$ 2.589.202	
FLUJO DE CAJA							
PERIODO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	AHORRO
CONSUMO ACTUAL	\$ 4.086.677	\$ 4.086.677	\$ 4.086.677	\$ 4.086.677	\$ 4.086.677	\$ 4.086.677	TOTAL EN UN AÑO
CONSUMO PLANEADO	\$ 1.497.475	\$ 1.497.475	\$ 1.497.475	\$ 1.497.475	\$ 1.497.475	\$ 1.497.475	
AHORRO MENSUAL	\$ 2.589.202	\$ 2.589.202	\$ 2.589.202	\$ 2.589.202	\$ 2.589.202	\$ 2.589.202	
							\$ 15.535.213

Fuente: Elaborado por el autor

Imagen 34 Calculo periodo de recuperación y tasa interna de retorno

Meses	Flujos de efectivo	Periodo de recuperación tradicional	Mensual	Flujos de efectivo
0	(\$ 10.858.700)	(\$ 10.858.700)	0	(\$ 10.858.700)
1	\$ 2.589.202	(\$ 8.269.498)	1	\$ 2.589.202
2	\$ 2.589.202	(\$ 5.680.296)	2	\$ 2.589.202
3	\$ 2.589.202	(\$ 3.091.094)	3	\$ 2.589.202
4	\$ 2.589.202	(\$ 501.891)	4	\$ 2.589.202
5	\$ 2.589.202	\$ 2.087.311	5	\$ 2.589.202
6	\$ 2.589.202	\$ 4.676.513	6	\$ 2.589.202
7	\$ 2.589.202	\$ 7.265.715	7	\$ 2.589.202
8	\$ 2.589.202	\$ 9.854.917	8	\$ 2.589.202
9	\$ 2.589.202	\$ 12.444.119	9	\$ 2.589.202
10	\$ 2.589.202	\$ 15.033.321	10	\$ 2.589.202
11	\$ 2.589.202	\$ 17.622.524	11	\$ 2.589.202
12	\$ 2.589.202	\$ 20.211.726	12	\$ 2.589.202
Periodo de recuperación		4,19	TIR	21,55%

Fuente: Elaborado por el autor

Fuente: Elaborado por el autor

Después de revisar los resultados obtenidos se confirma que es viable implementar los dos proyectos de mejora pues económicamente es viable, esto teniendo en cuenta que el cambio de iluminación al finalizar el primer año se tendría un ahorro de \$20.211.726 pesos, con el cual se alcanzaría a cubrir el 83% del costo de implementación de la estrategia de calefacción y aunque se tendría un aumento aproximado de \$4.742.400 en el consumo anual de energía, el cambio de la iluminación del parqueadero permitiría seguir teniendo un ahorro a largo plazo.

5.1 APOORTE DE LOS RESULTADOS A LA GERENCIA DE OBRAS

Se ve al Gerente se ve como una persona capaz de gestionar adecuadamente los recursos económicos, físicos y humanos con los cuales cuenta para poder ejecutar, operar o mantener un proyecto, es por eso que se hace importante revisar como planteando estrategias sencillas se puede mejorar las condiciones del lugar que se gerencia.

Se puede ver que desde otras áreas como el de la sostenibilidad se pueden abrir otros campos de acción para la Gerencia de Obras, pues es un tema que cada vez toma más fuerza, genera mayor interés a nivel nacional e internacional, agrega valor a los proyectos y por tanto debería ser de interés para todos los profesionales relacionados con la Gerencia de obras.

5.2 CÓMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN CON LOS RESULTADOS

Después de realizar visitas de reconocimiento, estudio y verificación, encuestas y mediciones a el sitio de trabajo por aproximadamente nueve (9) meses, se pudo verificar que las estrategias planteadas en el diseño del edificio siguen siendo implementando en este momento, no han sufrido modificaciones o anulaciones lo cual asegura que el edificio aun en su etapa de operación mantiene sus características como un edificio certificado con la categoría Gold de LEED en la versión 2.2.

Se logro establecer los costos de implementación de dos estrategias de mejora en el edificio el cubo relacionados con los dos créditos que estaban en evaluación Ventilación aumentada y Luz natural y vista, adicional a eso se pudo determinar una tasa interna de retorno con la implementación de las estrategias de mejora.

5.3 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

En esta fase del proyecto la divulgación se realizará en la presentación del trabajo ante los jurados el día de la sustentación, posterior a esto se presentarán los resultados al Cubo de Colsubsidio y

con el respectivo aval de ellos sobre la información que permitan divulgar se elaborará un artículo.

6 NUEVAS ÁREAS DE ESTUDIO

Plantear nuevas estrategias de mejoramiento para optimizar recursos hídricos o energéticos si después de hacer los análisis pertinentes tienen lugar.

Evaluar la posibilidad de revisar el procesos y los requerimientos necesarios para generar una actualización para el crédito de IEQ de la certificación LEED del proyecto de versión 2.2 a versión 4.1.

Realizar el análisis de todos los otros créditos a los cuales aplico el proyecto en su versión 2.2. y al igual que se hizo en este trabajo de grado revisar su continuidad.

El análisis de estrategias de IEQ puede generar una relación con otras áreas de conocimiento las cuales pueden aportar un punto de vista distinto al generado desde la Gerencia de Obras, como por ejemplo salud ocupacional, diseño industrial, paisajismo entre otros.

7 CONCLUSIONES

Se puede concluir que es posible implementar y mantener en el tiempo las estrategias de sostenibilidad en términos de IEQ planteadas por LEED, puntualmente las estrategias de Ventilación aumentada y Luz natural y Vista.

Teniendo en cuenta que este edificio fue certificado en el año 2013 con la versión 2.2 a la fecha se pueden hacer ajustes que mejoren su rendimiento hablando en términos de consumo eléctrico.

No es necesario hacer una inversión alta para obtener grandes beneficios económicos, esto lo podemos corroborar con el ejercicio de cambio de iluminación fluorescente a led la cual hace que retorne la inversión en menos de 5 meses.

Con acciones desde la gerencia se puede no solo generar un beneficio económico a la organización, adicional a eso se puede generar un beneficio al medio ambiente disminuyendo los consumos energéticos los cuales impactan de manera directa los aspectos del crédito IEQ en el espacio de parqueadero.

Por medio de los ejercicios de tasa interna de retorno y periodo de recuperación se puede demostrar que es posible recuperar la inversión o generar ahorros en proyectos que se encuentren en cualquier etapa y de esta forma desde la Gerencia de Obras promover la implementación de estrategias de sostenibilidad que económicamente sean rentables.

8 BIBLIOGRAFÍA

- P. A. A. S. Y. M. D. P. PARDO, «UNIVERSIDAD DISTRITAL,» 2016. [En línea].
- 1] Available:
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5086/1/AyalaS%C3%A1nchezPaolaAndrea2015.pdf>. [Último acceso: MARZO 2019].
- Calor y frio , «Calor y frio.com,» 08 Febrero 2019. [En línea]. Available:
- 2] <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/certificacion-energetica/que-es-certificado-leed-que-ventajas-aporta.html>. [Último acceso: Junio 2019].
- ACAIRE, «ACIS,» 2017. [En línea]. Available:
- 3] <https://www.acis.org.co/portal/content/%E2%80%99Cla-calidad-del-aire-es-un-problema-de-salud-p%C3%BAblica%E2%80%99D-afirma-acaire>. [Último acceso: Junio 2019].
- D. Chaverra, «GERENCIA DE EDIFICIOS,» 25 Febrero 2019. [En línea]. Available:
- 4] <https://www.gerenciadeedificios.com/201902256288/noticias/empresas/top-10-de-paises-con-mayor-cantidad-de-proyectos-leed-en-2018.html>. [Último acceso: Junio 2019].
- «JAPAN GREEN BUILDING COUNCIL,» Abril 2008. [En línea]. Available:

- 5] http://www.jgbc.com/English/JGBC_history_eng.pdf. [Último acceso: 25 Mayo 2019].
- «CONSEJO CONSTRUCCION VERDE ESPAÑA,» 22 Abril 2016. [En línea]. Available:
- 6] <http://www.spaingbc.org/web/detalle-noticia.php?id=91>. [Último acceso: 25 Mayo 2019].
- «Consejo Colombiano de Construcción Sostenible,» 2016. [En línea]. Available:
- 7] <https://www.cccs.org.co/wp/capacitacion/talleres-de-preparacion-leed/>.
- X. G. Sola, ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO, Madrid:
- 8] Ministerio de trabajo y Asuntos sociales , 2001.
- SGS , «SGS,» [En línea]. Available: <https://www.sgs.cl/es-es/environment/air-noise-odor-and-vibration/field-and-sampling/air-dust-and-particles/indoor-air-quality-iaq>. [Último acceso: 16 Junio 2019].
- 9]
- «EL ECONOMISTA,» 20 Octubre 2016. [En línea]. Available:
- 10] <http://blogs.eleconomista.net/pmi/2016/10/la-gestion-de-proyectos-sostenibles/>. [Último acceso: 27 Mayo 2019].
- A. Sevilla, «ECONOMIPEDIA,» [En línea]. Available:
- 11] <https://economipedia.com/definiciones/rentabilidad.html>. [Último acceso: 26 Mayo 2019].

- «Edificios saludables para trabajadores sanos: calidad de ambientes interiores,»
- 12] [En línea]. Available:
http://www.intersindical.es/boletin/laintersindical_saludlaboral_02/archivos/edificios_saludables_2parte.pdf. [Último acceso: 18 Mayo 2019].
- U.S. Green Building Council, Guía de Estudio de LEED AP Diseño y Construcción
- 13] de Edificios del USGBC, Washington, DC: U.S. Green Building Council, 2009.
- «MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA,» 26 Febrero 2018. [En línea]. Available:
- 14] <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191?OpenDocument>.
- M. D. A. Y. D. SOSTENIBLE, «Minisiterio de ambiente y desarrollo sostenible,» 01
- 15] Noviembre 2017. [En línea]. Available:
<http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf>. [Último acceso: Junio 2019].
- «Cumbre Pueblos,» 20 Junio 2018. [En línea]. Available:
- 16] <https://cumbrepuebloscop20.org/economia/sustentabilidad/>.
- «Eficiencia Energetica Chile,» [En línea]. Available: <http://www.eechile.cl/la-importancia-la-calidad-ambiental-interior-rendimiento-laboral/>. [Último acceso: 25 Mayo 2019].
- 17]

- 18] ACAIRE, Reglamento Técnico de Instalaciones Termicas en Edificaciones, Bogota, Colombia: ACAIRE, 2017.
- 19]
- 20] «ACCIONA,» [En línea]. Available: <https://www.accion.com/es/desarrollo-sostenible/>. [Último acceso: Abril 2019].
- 21] «INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE,» [En línea]. Available: <https://living-future.org/lbc/>. [Último acceso: Marzo 2019].
- 22] «BREEAM,» [En línea]. Available: <https://www.breeam.com/>. [Último acceso: Abril 2019].
- 23] E. e. obra, «EN OBRA,» 16 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://en-obra.com/noticias/conozca-las-certificaciones-construccion-sostenible/>. [Último acceso: Abril 2019].
- 24] «EDGE,» [En línea]. Available: <https://www.edgebuildings.com/#top>. [Último acceso: Abril 2019].

C. D. L. REPUBLICA, «CONGRESO DE LA REPUBLICA,» 13 Mayo 2014. [En línea].
25] Available: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html.
[Último acceso: Mayo 2019].

R. BERADUCCI, «REAL ESTATE MARKET & LIFESTYLE,» Noviembre 2010. [En
26] línea]. [Último acceso: Marzo 2019].

E. U. G. B. Council, Guia de conceptos basicos de edificios verdes y LEED,
27] Washington, DC: U.S. Green Building Council, 2003.

N. Vizcarra, «PROIKOS,» 29 Octubre 2015. [En línea]. Available:
28] <http://proikos.pe/arti-blog/optimizacion-de-la-productividad-via-calidad-ambiental-interior/>. [Último acceso: Mayo 2019].

«Sustainable Facilities tool,» [En línea]. Available:
29] <https://sftool.gov/learn/about/1/indoor-environmental-quality-ieq>. [Último acceso:
Mayo 2019].

«HIGIENEAMBIENTAL.COM,» 5 Abril 2006. [En línea]. Available:
30] <https://higieneambiental.com/calidad-de-aire-interior/baja-productividad-y-problemas-de-calidad-ambiental-interior>. [Último acceso: Mayo 2019].

«INTERSINDICAL ESPAÑA,» [En línea]. Available:

- 31] http://www.intersindical.es/boletin/laintersindical_saludlaboral_02/archivos/edificios_saludables_2parte.pdf. [Último acceso: Abril 2019].
- C. S. Gallurt, «MUNDIAL TUV SUD,» [En línea]. Available: <https://www.tuv-sud.es/es-es/prensa-es/noticias-1/calidad-ambiental-interior-un-lujo-o-una-necesidad>. [Último acceso: Marzo 2019].
- 32]
- C. d. Madrid, Guía de calidad del aire interior, Madrid: Dirección General de
- 33] Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, 2016.
- «ECONOTICIAS.COM,» 28 Marzo 2016. [En línea]. Available:
- 34] <https://www.ecoticias.com/medio-ambiente/113536/10-paises-verdes-sostenibles-mundo>. [Último acceso: Mayo 2019].
- «ENVIRONMENTAL HEALTH PERSPECTIVES,» 1 Junio 2016. [En línea]. Available:
- 35] <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/ehp.1510037>. [Último acceso: Mayo 2019].
- «UNIVERSIDAD DE HARVARD,» [En línea]. Available: <https://green.harvard.edu/>.
- 36] [Último acceso: Mayo 2019].